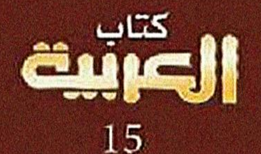


د. كلفورد أ. بكوفر

رواد المعرفة عبر القرون

من أرخميدس حتى هاوكينج

الجزء الثالث

ترجمة
د. إيمان نوري الجنابي

1432 هـ - 2011م



الجزء الثالث

رواد المعرفة عبر القرون

من أرخميدس حتى هاوكنج

ح وزارة الثقافة والإعلام، المجلة العربية، 1432هـ
فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر
بكوفر. كلفورد أ.
رواد العلم عبر القرون من أرخميدس حتى هاوكنج/ كلفورد أ.
بكوفر. الرياض، 1432هـ
3 مج.
1076ص : 23.5x15.5 سم
ردمك 978_603_8079_02_7 (مجموعة)
978_603_8079_05_8 (ج3)
1 ـ العلماء 2 ـ العلوم ـ تراجم أ. العنوان
ديوي 925 1432/820

رقم الإيداع: 1432/820
ردمك: 978_603_8079_02_7 (مجموعة)
978_603_8079_05_8 (ج3)

قوانين العلوم والعقول الجبارة التي أبدعتها

ARCHIMEDES
TO HAWKING
CLIFFORD A.
PICKOVER
Oxford
UNIVERSITY PRESS
2008

رواد المعرفة عبر القرون

من أرخميدس حتى هاوكنج

تأليف

د. كلفورد أ. بكوفر

ترجمة

الدكتور إيمان نوري الجنابي

الطبعة الأولى

1432هـ - 2011 م



15



رئيس التحرير

د. عثمان الصيني

www.arabicmagazine.com

لمراسلة المجلة على الإنترنت

info@arabicmagazine.com

الرياض: طريق صلاح الدين الأيوبي (الستين) - شارع المنفلوطي
تليفون: 966-1-4778990 فاكس: 966-1-4766464
ص.ب 5973 الرياض 11432

الفصل الرابع

القرن العشرون وما بعده –(2000 - ...)

الباب الثالث

وهم الأفذاذ الذين استطاعوا أن يباروا مبدعي القوانين
و مكتشفيها بوضع التصانيف الأكثر قبولاً لمجموعة
القوانين الخالدة التكميلية والحاملة – إلى الأبد – لأسمائهم

الفصل الأول

قوانين الحقبة الزمنية (1600 - 1700)

الفصل الثاني

قوانين الحقبة الزمنية (1700 - 1800)

الفصل الثالث

قوانين الحقبة الزمنية (1800 - 1900)

الفصل الرابع

القرن العشرون (1900 ... وما بعده)

الباب الرابـــــــع

الفصــــــل الأول

– مســك الختـــام –

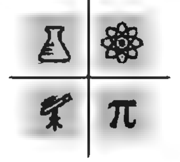
الفصل الثاني

الباب الثاني

الفصل الرابع

القرن العشرون وما بعده

1900 AND BEYOND



القرن العشرون 1900 وما بعده

أفكار للتأمل

- لا يشك أحد بأن وجود الكون كان قد سبق وسيظل باقيا بعد فناء الإنسان. ولكن ثمة متناقضة تقض مضاجع المفكرين والعلماء وهي استحالة التفكير بالكون ومكوناته وأسراره وعجائبه وحتى صغائره إلا في حدود علاقته بالبشر (فعقله هو الذي صوره) فلا معنى للغة وقوانين الفيزياء والرياضيات بلا وجود فكرة المراقب الذي يعيه... والمشكلة أن هذا المراقب (وهو الإنسان) ما هو إلا مخلوق طارئ في هذا الكون المترامي، وجد متأخرا فيه ولم يتضج تفكيره ليعي ما حوله إلا في حوالي المئة سنة الماضية، (كما لا يشك أحد بأن وجود الكون كان قد سبق وسيظل باقيا بعد فنائه!).

فراين

Michael Fragn, quoted in (All the World's a Stage), New Scientist, Septeunber 23, 2006.

مقتطفة من مقالة له في مجلة (نيوسينتست) بعنوان (ما العالم إلا مسرح).

- تستمد دقة قوانين أي نظام من مجمل الخزين المعلوماتي فيه، وقد دلت الملاحظات والتجارب على أن للكون الذي نعيش فيه قابلية ذاتية (لضبط) وتعديل نفسه على الدوام. فإذا لم نفترض وجود قوانين الفيزياء (خارجه) - وجود مراقب ما خارج نظامه ضروري لاعتماد دقة قياساته - وإنما هي جزء منه فإنها (والحال كذلك) ستحكم بقوانينه وعندها ستستمد دقتها من كامل خزينه المعلوماتي فيه، والذي يعتمد بدوره على حجمه. ولذا لابد لنا أن نستنتج أنه وعند الثواني الأولى بعد (الانفجار الكبير) وعندما كان الكون لا يزال متناهيا في الصغر وكان لايزال محجورا بحيز ضيق جدا من الفراغ فلابد أن تكون قوانينه آنذاك قد عانت من شيء من الاضطراب وعدم الدقة مقارنة بقوانيننا اليوم، وبعبارة أصح لابد وأن تكون قوانين الثواني الأولى بعد الانفجار الكبير غير تلك التي تحكمه اليوم.

باري

Patrick Barry, (What's Done is Done), New Scientist, September 30, 2006.

من مقالة له في (نيوسينتست) بعنوان (ما تم قد تم).

- كـــان الـكـــــون وكـــان كـلـــه ظــلامْ

خُـلـق (نـيـوتـن) فـبـانـت بـولادتـه الأعـــلام[1]

بوب

Alexander Pope، (Epitaph Intended for Sir Isaac Newton).

- هـــدأ الـلـغـط واسـتـقـام الـكـون بـه

ولـد (الـبـرت) فانهارت بإطلالته الأحلام[1]

سكوير

John Collings Squire (1884-1958)، British Journalist،

(In Continuation of Pope on Newton).

(1) كان أصل النص شعراً. (المترجم).

قانون إشعاع بلانك

PLANCK'S LAW OF RADIATION



ألمانيا (1900):

يعتمد مقدار الطاقة الذي يشعه أي جسم أسود عند طول موجي معين على درجة حرارته. وتبرز أهمية موضوعات بلانك هذه، كونها تتضمن الشذرات الأولى لما سيعرف لاحقا بالتطبيقات العملية لنظرية الكم.

محاور ذوات علاقة:

البرت اينشتين (ALBERT EINSTEIN)، ورودولف كلوزيس (RUDOLF CLAUSIUS)، وقانون كرشهوف للإشعاع الحراري (KIRCHHOFF'S LAW OF THERMAL RADIATION)، وقانون إزاحة فن (WIEN'S DISPLACEMENT LAW)، وقانون إشعاع ستيفان - بولتزمن (THE STEFAN BOLTZMANN RADIATION LAW)، وقانون رايلي - جينز (THE RAYLEIGH - JEANS LAW)، وقانون إشعاع فين (WEIN'S RADIATION LAW).

من أحداث عام 1900:

- نشر عالم النفس (سيكموند فرويد - Sigmund Freud) كتابه الشهير في تفسير الأحلام.

- انضمت (هاواي - Hawaii) رسميا إلى الاتحاد الفيدرالي الأمريكي ومنحت حكما ذاتيا.

- تم قبول طلب المخترع الأمريكي (كورنالس بروسنن - Cornelius J. Brosnan) لتسجيل براءة اختراعه لمشبك الورق والذي أسماه (Konaclip).

نشوء نظرية الكم وعلاقتها بقانون بلانك للإشعاع:

$$E_{b\lambda} = \frac{C_1}{\lambda^5 (e^{C_2/\lambda T} - 1)},$$

أصول القانون وفروعه

لعلـه من المتوقع أن يغيب عن ذهـن غالب العلماء والباحثين في غير حقـل الفيزياء أن لب مفهوم نظرية الكم – والذي يقول بإمكانية الطاقة والمادة أن تكتسبا صفتي الموجة والجسيم في تصرفاتهمـا في آن واحـد – كان قـد نشأ مـن دراسات متقدمة حـول تصرف وصفات الإشعاعـات المنبعثة من الأجسام عند تسخينهـا، ومثال ذلك تحول لون ملف سخان الشاي الكهربائـي (حال مرور التيار الكهربائي خلاله) من لونه الأسـود الاعتيادي إلى اللون البني الغامق ثم إلى اللون الأحمر الداكن فالأحمر القاني البراق بزيادة درجة حرارته.

وضـع (بلانك) قانونه الخاص بحسـاب كميات الإشعاع (ومن ثم مقـدار الطاقة المنبعثة من جسـم ساخن عند طول موجي معين) بدراسة الإشعاعات المنبعثة من أنواع خاصة من الأجسام الساخنة المتوهجة سميت بالأجسام السوداء. تُعرّف الأجسام السوداء [حسب قوانين كرشهوف – Kirchhoff's Electrical Circuit and Thermal Radiation Laws – للدوائر الكهربائية والحرارية الباعثة للإشعاع] – (انظر الجزء الثالث من هذا الكتاب) بأنها تلك الأجسام التي تمتص وتشع أكبر كمية ممكنة من الإشعاعات عند طول موجي معين وبدرجة حرارة معلومة. وسأخصص حيزاً لشرح مواصفات هـذه الأجسام السوداء وبشيء مـن التفصيل في نهاية هذا القسم.

تعـرّف مقدار الحرارة المنبعثة من جسم مـا بأنها كمية الطاقة التي يطلقها ذلك الجسم عند تسخينه إلى درجـة حرارة أعلى من درجة حرارة المحيط الذي يحتويه، ويمتاز انبعاث الطاقة أو الإشعاع من الأجسام الساخنة بتوزعه طبيعيا على مدى واسع من الأطوال الموجية ولذلك فـلا غرابـة في أن تكون صفات ومقـدار الطاقة المنبعثة ضمن طول موجـي معين (وبذبذبة معلومة) مختلفة عن كمية ومقدار الإشعاع (وبالتالي الطاقة) المنبعثة ضمن طول موجي مغاير (أي بذبذبـة مغايرة). ولعله من المفيـد أن نتذكر بأن الغالبية العظمى مـن الأجسام الساخنة والتـي نصادفها في حياتنا اليومية والتي نتعامل معهـا في تجاربنا المختبرية تمتاز ببعث طاقاتها وإشعاعاتها ضمن مجال موجات الطيف الكهرومغناطيسي التحت حمراء أو التحت الحمراء

الفائقة. ويمكن للإنسان أن يشعر بهذه المجالات من حيز الطيف على شكل حرارة حسية، ولايمكنه رؤيتها بالعين المجردة. ولكن إذا ما استمر تسخين هذه المواد إلى درجات حرارة أعلى، انحرف طيف الإشعاع المنبعث منها من منطقة الطيف الكهرومغناطيسي تحت الحمراء وما تحت الحمراء الفائقة إلى منطقة الطيف المرئي القريبة منه وأعني بها ألوان الطيف الحمراء والبرتقالية والصفراء فيصير بالإمكان ملاحظة توهج الجسم الساخن بوضوح أكثر ولمعان أشد كلما أمعنا في تسخينه حتى يصل إلى مرحلة الإبيضاض. وعلى أية حال فإن ما يهمنا ويهم العلماء هو دراستهم لما يمكن لجسم ساخن أن يبعثه من طاقة (أو ما يشعه من إشعاع) ضمن طول موجي معلوم وهذا ما يسمى بالإشعاع الأحادي التردد (أو أحادي اللون) إن كان الانبعاث ضمن طيف الألوان المرئية، وفي هذه الحالة سيعتمد ما يبعثه الجسم من إشعاع وطاقة على درجة حرارته. وخير مثال على ذلك شمسنا التي تشع بمعدل حرارة سطح تبلغ حوالي (5800) درجة حرارية مطلقة (كالفن) ويتموضع معظم إشعاعها ضمن الطول الموجي الأقل من 3 ميكرومتر[1] وهذا يشمل منطقة الطيف الضوئي المرئي (الأصفر) فما دونه.

أما الأرض وهي (بالطبيعة) أكثر برودة من الشمس فإن معظم ما تشعه من طاقة إلى الفضاء (لأن الفضاء هو أبرد ما في الكون) تتموضع ضمن أطوال موجية أطول بكثير عن تلك التي للشمس؛ وكمعدل لا يتجاوز معدل درجة حرارة سطح الأرض (290) درجة حرارية مطلقة، وغالبية ما تبعثه من إشعاعات يكون ضمن أطوال موجية تفوق الـ (3) ميكرونات.

وفي الدالة التالية (والتي تظهر بشيء من التعقيد - ولكنها ليست كذلك)،

$$\boxed{E_{b\lambda}(\lambda_{max}, T)}$$

يمكننا أن نعرف الحدود التالية حسب مسمياتها وما تعنيه كما يلي:

- $E_{b\lambda}\ d\lambda$ وهو مقدار الطاقة المنبعثة عن طريق الإشعاع من وحدة المساحة خلال وحدة

(1) الميكرومتر - هي وحدة قياس تساوي جزءاً من مليون جزء من المتر، أو تساوي جزءاً من ألف جزء من المليمتر وقد تسمى أيضا بالميكرون - المترجم.

الزمن من جسم أسود وبطول موجي محدد هو ضمن مديات الأطوال الموجية التابعة لللون الواحد.

– λ_{max} وهو ما يعرف بذروة قدرة (Power) انبعاث إشعاع الجسم الأسود ضمن النطاق الموجي المعلوم (ويطلق عليه اصطلاحيا – اسم النطاق أحادي اللون – كون الألوان المعروفة كلها تتراوح ضمن نطاق موجي معلوم).

و λ – هو مقدار الطول الموجي للإشعاع المنبعث.

و $d\lambda$ – هو مقدار مدى وحدود ذلك الطول الموجي.

و $E_{b\lambda}$ – هو ما يعرف بقدرة الانبعاث الموجي من جسم أسود ضمن مدى لون أحادي.

و T – هو مقدار درجة حرارة الجسم الأسود الباعث مقاسةً بالدرجة الحرارية المطلقة (كالفن).

أما قانون (**بلانك**) والذي اكتشفه عام (1900) فيوضح طريقة توزيع القوة على مختلف الأطوال الموجية الصادرة من جسم باعث مثالي في درجة حرارة معينة (T)، وبناء على ذلك فإن الجسم الباعث المثالي (أو ما يسمى بالجسم الأسود) سوف يبعث بالإشعاع وفقا لقانون بلانك التالي:

$$E_{b\lambda} = \frac{C_1}{\lambda^5 (e^{C_2/\lambda T} - 1)}$$

حيث $E_{b\lambda}$ – هي قدرة انبعاث الإشعاع من الجسم الأسود في درجة حرارة (مطلقة k) معلومة (T)، وتقاس بوحدات (الواط/المتر المكعب).

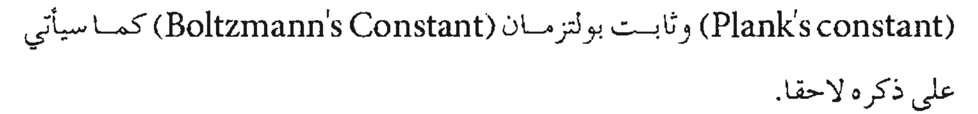
و λ – هو الطول الموجي الباعث مقاسا بالمتر.

و C_1 – هو ما يعرف بثابت الانبعاث الأول ويساوي (10x3.7415(مرفوعة للقوة –16) واط ضرب متر مربع.

و C_2 – هو ما يعرف بثابت الانبعاث الثاني ويساوي[10x1.4388 (مرفوعة للقوة –2)] متر ضرب درجة مطلقة.

و (k) – هي التعبير عن مقدار درجات الحرارة المطلقة – كالفن–.

ومن المناسب التذكير بأن لهذا القانون شكلا آخر يكتب به باستخدام ثابت بلانك



(Plank's constant) وثابت بولتزمان (Boltzmann's Constant) كما سيأتي على ذكره لاحقا.

دأبت الجامعات والمعاهد الأكاديمية على تشجيع الطلاب على رسم الدالة السابقة لمختلف قيم الأطوال الموجية التي يمكن دراستها لما لذلك من تدريب عملي نافع في مختبرات الفيزياء، فلقد أثبتت التجارب أن غالبية الإشعاعات المنبعثة من الأجسام ذوات درجات الحرارة التي تقل عن (5800) كالفن (درجة مطلقة) ستنحصر في نطاق الأطوال الموجية التي تتراوح ما بين (0.2–50 ميكرون) فقط، ويمكننا الاستنتاج أن مجال الطول الموجي المتضمن لأقصى قوة انبعاث والذي يعبر عنه رياضيا بالدالة الآنف شرحها وهي:

$$\boxed{E_{b\lambda}(\lambda_{max}, T)}$$

سينقص بازدياد درجة الحرارة. وأخيرا من المفيد التذكير بأن نطاق الانبعاث الموجي المشع لأي جسم ساخن لا يتضمن إلا جزءاً قليلا مما يقع ضمن نطاق الطيف المرئي للعين البشرية التي تميز الجسم بلون أحمر داكن إذا ما بلغت درجة حرارته (800) درجة مطلقة (كالفن).

قانون إزاحة (فين)

WEIN'S DISPLACEMENT LAW

يحتل قانون إزاحة (فين) هذا موقع الصدارة ضمن أوائل القوانين الخاصة بالانبعاث الحراري والشعاعي من الأجسام السوداء. اكتشفه عام (1893) الفيزيائي الألماني [ولهيلم فين (Wilhelm Wien (1864-1928)] ويمكن اشتقاقه من (قانون بلانك) نفسه بوضع المشتقة مساوية للصفر. ولغرض إيجاد العلاقة بين الطول الموجي(λ_{max}) لأقصى قوى مشعة ممكنة في درجة حرارة مطلقة معينة يمكننا استخدام القانون التالي:

$$\boxed{\lambda_{max} T = 2.898 \times 10^{-3}\ \text{m} \cdot \text{K}}$$

الذي يوضح سهولة استنتاج التناسب العكسي الذي يحكم حرارة جسم ما والطول الموجي لأقصى قدرة (Power) يمكنه بعثها مما يعني تناقص هذا الطول للإشعاع المنبعث مع زيادة حرارة الجسم الباعث له.

ولذلك فإن قيمة منحنى انبعاث القوى والذي يساوي حاصل ضرب درجة الحرارة المطلقة في الطول الموجي لأقصى قدرة (Power) انبعاث سيظل ثابتا. مُنح (فين) جائزة نوبل لأعماله المتعلقة بهذا القانون وتطبيقاته.

دعني الآن أسوق المثال التالي لما سبق: لو فرضنا بلوغ معدل درجة حرارة سطح الشمس حوالي (5780) درجة مطلقة لأمكننا حساب ذروة الانبعاث الشعاعي منها ليكون في حدود الطول الموجي المقدر بـ(500 نانومتر) وبالاستناد إلى قانون (فين) فإن مجال الموجات الكهرومغناطيسية والتي بطول مقارب لـ(500 نانومتر) سيقع ضمن حدود الطيف الضوئي المرئي، فالضوء الأصفر له طول موجي يقارب الـ(570 نانومتر) ومصابيح الصوديوم التي تنير الشوارع ومواقف السيارات تبعث بالضوء ضمن الطول الموجي للون الأصفر والبالغ حوالي (589 نانومتر). وبالاستناد إلى المعادلة آنفة الذكر يتضح لنا مصدر و (لون) ومقدار طاقة الشموس وألوانها وذلك بالاستناد إلى اختلاف درجة حرارتها السطحية حسب ما

تقـره معادلة (فين)، فالنجوم الحمراء تكون أقل حـرارة (وقد تسمى بالنجوم الباردة).بمعدل حرارة سطح تبلغ (3000) درجة مطلقة (كالفن) والنجوم الصفراء (ونجم مجموعتنا الشمسية ضمنهـا) تمتلك معدل حرارة سطح تقرب مـن (6000) درجة مطلقة (وقد تسمى بالنجوم متوسطـة الحـرارة)، أما النجـوم البيضاء وهي الأشـد توهجا وسطوعا وأكثرهـا بعثا للطاقة والإشعـاع فقد يبلغ متوسط درجة حرارة أسطحها الـ(20000) درجة مطلقة وهي الأشد حـرارة على الإطلاق. وبالاستنـاد إلى ما سبق يمكننا القول (وببساطـه) بأننا نستطيع تقدير درجة حرارة سطح أي شمس (بمجرد النظر إليها!).

قانون إشعاع ستيفان - بولتزمن

STEFAN-BOLTZMANN RADIATION LAW

كان الفيزيائي الألماني [كوستاف كرشهوف (1824–1887) Gustav Kirchhoff] أول من أدرك صفات الانبعاث (الموجي الحراري) من الأجسام السوداء وكان أول من سك هـذا المصطلح، كما كان أول مـن أدرك أن ذلك الانبعاث لابد وأن يعتمد على درجة حرارة الجسـم الباعث وعلى الطـول الموجي للإشعاع المنبعث منه بغض النظر عن طبيعة ذات المادة التي تكون الجسم الأسود نفسها، إلا أنه لم يتمكن من وضع الصيغة الرياضية الدقيقة لذلك.

وإذا رغبنا في أخذ كامل الطول الموجي بالحسبان فإن مقدار الانبعاث الإشعائي الكامل[E_b (T)] لوحدة المساحة السطحية للجسم الأسود خلال وحدة الزمن يمكن أن يكتب على شكل القانون التالي والذي يعرف بـ (قانون إشعاع ستيفان – بولتزمن)...

$$\boxed{E_b(T) = \sigma T^4}$$

والذي يبين كامل مقدار القوة المنبعثة من الجسم الأسود من وحدة المساحة حسب الطول الموجـي المعلوم، حيث تمثل (T) درجة الحـرارة مقاسة بدرجات كالفن للمساحة المعلومة و (σ) تعبر عما يسمى (بثابت ستيفان – بولتزمن) ويساوي

$$\boxed{[5.67 \times 10^{-8}\, W/(m^2 . k^4)]}$$

وينسـب هـذا القانون إلى كل مـن الشاعر والفيزيائـي والرياضي النمسـاوي: سلوفيني (Slovene) الأصـل [جوزيف ستيفـان (1835–1893) Joseph Stefan] والـذي تمكـن مـن التوصـل إلى صياغته من خلال سلسلة طويلة ومضنيـة من التجارب العمليـة، وإلى [لودفـك بولتزمـن (1844–1906) Ludwig Boltzmann] والـذي تمكن من اشتقـاق ذات القانون في عام (1884) بالاعتماد علـى الأسس النظرية لقوانين الديناميكية الحرارية.

أما ثابتي بلانك الأول (C1) والثاني (C2) المذكورين في (قانون إشعاع بلانك) آنف الذكر،

فيمكن ربطهما (بقانون إشعاع ستيفان - بولتزمن) من خلال مساواتهما بالثابت (σ) كما يلي:

$$\sigma = \left(\frac{\pi}{C_2}\right)^4 \frac{C_1}{15} = 5.670 \times 10^{-8}\ \mathrm{W/(m^2 \cdot K^4)}$$

ومن المدهش حقا أن يتمكن (ستيفان) هذا من حساب درجة حرارة سطح الشمس التقريبي بحوالي (5،700) درجة حرارة مطلقة (كالفن)، وذلك من خلال نجاحه في تقدير كمية (فيض طاقة الشمس) وإلى درجة دقة نسبية مقبولة جدا بحيث قارب رقمه الذي توصل إليه باستخدام هذا القانون القيمة الواقعية المقبولة في الوقت الحاضر والبالغة (5،780) درجة حرارة مطلقة أي بفارق يبلغ 80 درجة مطلقة فقط!!

ومن الجدير بالملاحظة تميّز ثابت (ستيفان - بولتزمن) بالعموم والشمولية بمعنى إمكانية تطبيقه بغض النظر عن مادة أي جسم أو درجة حرارته. وبالنظر لواقع كون الأجسام الحقيقية تمتاز بقابلية انبعاث شعاعي وحراري مغاير (أو بمعنى أدق - أقل كفاءة) من الأجسام السوداء المثالية، فإن العلماء والمختصين كانوا قد أضافوا معاملا آخر هو (ε) إلى (قانون ستيفان - بولتزمن) آنف الذكر. و(ε) هذه هي عبارة عن حد اصطلح عليه اسم (الانبعاثية - Emissivity) وتكتسب عادة قيمة تتراوح بين (الواحد - 1 -) في حالة كون الجسم أسود مثالي (الامتصاص والبعث) للإشعاع والحرارة الواردين إليه، وبين (الصفر) للأجسام المثالية في (عكس) الإشعاع والحرارة الساقطين عليها بحيث لا تمتص منهما شيئا. وتعتمد قيمة (ε) الحقيقية على نوع المادة وطبيعة سطحها ودرجة حرارتها ولذلك يمكن إعادة صياغة (قانون ستيفان - بولتزمن) ليظهر على الشكل التالي:

$$E_b(T) = \varepsilon\sigma T^4$$

لاحظ هنا بأن (ε) تسمى (الانبعاثية - Emissivity) إلا أن العلماء قد يستخدمونها لوصف حالة (امتصاص - Absorption) الجسم للاشعاعات الواردة إليه أيضا. ويمكننا (قانون ستيفان - بولتزمن) هذا من التبوء بكامل كمية الطاقة المنبعثة من أي جسم أسود والتي تتناسب مع القوة الرابعة لدرجة حرارته. فمثلا تسطع نجمة بنفس حجم شمسنا الحالية وبأربع

أمثــال حرارتها، كمية من الطاقة تعادل (4×4×4×4) (أربعــة مرفوعة إلى الأس الرابع) أي (256) مــرة أكثر منها. وهذا يعني أن ارتفاع درجة حرارة شمس ما لأربعة أضعاف حرارة شمسنــا وبنفس حجمها سيجعلها تضخ إلى الكــون مقدارا من الطاقة يعادل (256) ضعف مــا تضخه شمسنا له، وبالمقابل ستبلغ درجة لمعان أي جسم أسود كروي (نجم مثلا) حاصل ضرب مساحته السطحية في الأس الرابع لدرجة حرارته!!

كيفية صناعة الجسم الأسود:

يمكننا صناعة جسم أسود في المختبر (وعلى الوجه التقريبي) وذلك بأخذ جسم كبير صلب كروي مجوف وثقبه ثقبا صغيرا جدا بمسمار (أو بدبوس فولاذي) مدبب، عندها سيمثل هذا الثقب الصغير ثقبا أسود، وذلك لأن أي شعاع (ضوئي أو حراري) سيدخل إلى داخل كرتنا المجوفــة هذه من خلال هــذا الثقب لابد أن يصطدم ويرتد عن أحــد جوانبها الداخلية ومن المتوقــع أن يقــوم السطح الداخلي لهذه الكرة بامتصاص جــزء من طاقة الإشعاع في كل مرة يصطــدم بــه ويرتد عنه، وإذا ما صادف أن تمكن هذا الشعــاع الداخل إلى الكرة من الخروج مــن خلال نفس الثقــب الذي دخل منه (وبعــد أعداد لا تحصى مــن الاصطدامات بالجدار الداخلــي للكرة وامتصاص جزء من طاقته في كل مرة ومن ثم الارتداد عنه) سيكون قد فقد مــن طاقته وشدته الشيء الكثــير والكثير جدا إلى الحد الذي يمكن معــه إهماله كليا ومن هنا نفهم لماذا يمكننا اعتبار ثقب المسمار الدقيق في كرتنا المجوفة الكبيرة (ثقبا أسود)! ومن النوع (شبه) المثالي – وذلك حسب تعريف الجسم الأسود – لأن كل الإشعاعات التي دخلته قد تم امتصاصها من قبل السطح الداخلي للكرة المجوفة. وكمثال حسي استنباطي تقريبي (ولكنه خيــالي!) بإمكانــك تصور ذبابة تدخل تلــك الكرة المجوفة الكبيرة وتضــل طريقها داخلها وتستمر بطيرانها وهي لا تدري حتى تصطدم بجدارها الداخلي فترتد عنه وتواصل طيرانها في الاتجــاه المعاكس حتى تصــل إلى طرف باطن الكرة من جهتها المقابلة ثم ترتد عنه بالاتجاه المعاكس وتستمر على هذا المنوال حتى تخور قواها ولا تعود قادرة على مغادرة جوف الكرة

حتى ولو توجهت إلى عين الثقب الذي دخلت منه!

ولاستعـادة وتوضيح بعض الحقائـق الخاصة بصفات الأجسام السوداء نبـيّن هنا أن طاقة الإشعـاع المنعكس عـن سطح الكـرة الداخلي يعتمد علـى حرارته، بمعنـى أن مقدار طاقة الإشعـاع المرتـد أو المنعكس عن سطح الكرة الداخلي يعتمد علـى حرارته، بمعنى أن مقدار طاقة الإشعاع المرتد أو المنعكس عن سطحها الداخلي والذي تبلغ حرارته (T) يساوي مقدار قابليـة (الانبعاث) لجسم أسود تبلغ درجة حرارته (T) نفسها. وإذا عممنا هذا التصور على خصائص الأجسام السوداء المثاليـة نقول بأن صفة الإشعاع والانبعـاث للجسم الأسود لا تعتمد أبدا على نوع المادة المصنوع منها وإنما تعتمد ببساطة على درجة حرارته.

والخلاصة: إذا تمكنا من صناعة أجسام مشعة مجوفة وعلى نمط الأجسام السوداء – بثقوبها الصغـيرة – وباستخدام مواد مختلفة واجتهدنـا على رفع درجة حرارة (باطنها) إلى (2000) درجـة مطلقة (كالفن) مثلا فإن مقدار الطاقة المنبعثة (أو الانبعاثية) من تلك الثقوب الصغيرة ستتساوى إذا ما تمكنـا من مراقبتها وقياسها في غرفة مظلمة... وإن تغايرت واختلفت تلك الأجسام واختلفت طبيعة المواد المصنوعة منها على عكس سطوحها الخارجية والتي ستكون مختلفـة. وأخيرا وحسب قانون (ستيفان – بولتزمن) آنـف الذكر فإن (انبعاثية) الثقوب التي تتصرف تصرف الأجسام السوداء ستتساوى أيضاً لأنها تنتج عن (الباطن والداخل) على حين تتغايـر (انبعاثية) سطوحها الخارجية حسب نـوع المادة المصنوع منها، وللاثنين علاقة وثيقة بدرجة حرارة كل منهما ولكن مع الأس الرابع لها كما يلي:

$$E_b(T) = \varepsilon\sigma T^4$$

قانون رايلي - جينز

RAYLEIGH - JEANS LAW

لقد تمكن عدد من العلماء من وضع بضعة قوانين تخص تصرف الأجسام السوداء قبل أن يتمكن (بلانك) من وضع قانونه للانبعاث الإشعاعي. ففي عام (1900) تمكن الفيزيائي البريطاني [اللورد رايلي 1919-1842) Lord Rayleigh)] من وضع قانونه لتحليل الموجات الثابتة في فراغ ثلاثي الأبعاد (والذي يماثل كرتنا المجوفة التي سبق الحديث عنها) وذلك بالاستناد على أسس الفيزياء الكلاسيكية (أي غير الكمية). صاغ (قانون رايلي - جينز) العلاقة بين كثافة طاقة إشعاع الجسم الأسود على شكل دالة للطول الموجي للأشعة المنبعثة منه كما يلي:

$$f(\lambda, T) = 8\pi k \frac{T}{\lambda^4}$$

حيث تمثل (T) هنا درجة الحرارة المطلقة (كالفن) و (k) هو ثابت بولتزمن ويساوي ($k = 1.3806505 \times 10^{-23}$ joules / Kelvin). ومن الملاحظ أن (رايلي) كان قد اشتق قانونه بالاعتماد على الأس الرابع للطول الموجي والذي طوره وحسنه لاحقا بالاشتراك مع الفيزيائي البريطاني [السير جيمس هوب وود جينز (Sir James Hopwood Jeans (1877–1946]. لقد طابقت التجارب المختبرية كافة التوقعات التي اقترحها هذا القانون فيما يخص الموجات الطويلة، ولكنه زاغ بشدة عند تطبيقه عمليا على الموجات القصيرة. ويمكنك ملاحظة حقيقة ذلك من نص صيغة القانون المتعلقة بقصر قيمة (λ) - أي بتصرف الموجات القصيرة بتطبيقه - فكلما قصر طول الموجة كلما صغرت قيمة مقام المعادلة (λ^4) الأمر الذي يؤدي بالنهاية إلى بلوغ الدالة قيمة لا نهائية، وهذه النتيجة تعرف علميا (بالانهيار الفوق بنفسجي) وذلك بسبب قصر طول الموجات الكهرومغناطيسية في ذلك المجال. الأمر الذي يستحيل معه (عمليا) تطبيق قانون رايلي.

إضافات أخرى لقوانين الإشعاع: موضوعات بلانك

The Plank's Formulations

ألمانيا (1900)

أعلـن (بلانك) في عـام (1900) بأنه قد أنجـز تعديلات مهمة على الحسابـات الأساسية بحيث تتوافق الدالة ($\lambda.T$) f مـع النتائج المختبرية لكافة الأطـوال الموجية عند اختبارها، ولقد سبق لنا تقديم (قانون إشعاع بلانك) بصيغته المطورة والتي تعتمد على الطول الموجي.

وهناك طريقة أخرى لكتابة هذه الدالة وعلى الشكل الذي نجده في أكثر الكتب المنهجية، وهي:

$$f(\lambda, T) = \frac{8\pi hc\lambda^{-5}}{e^{hc/\lambda kT} - 1}$$

والملاحـظ هنـا أن (معادلة بلانك) بكاملها تقترب من الصفـر عند اقتراب الطول الموجي للأشعة الموجبة الكهرومغناطيسية (λ) منه، أما (h) فهو ثابت بلانك ويساوي (6.6260693 x 10 to the power −14 J.s) و (k) هو ثابت بولتزمن و (c) سرعة الضوء. وكدأب الرياضيـين والفيزيائيين لإيجاد المقابلات والمساويات وولعهـم بذلك فبإمكاننا إعادة كتابة ثابـت [(ستيفان – بولتزمن) – (a) المذكور سابقـا بدلالة ثابت بلانك (h) وثابت بولتزمن (k) وسرعة الضوء (c) كما يلي:

$$\sigma = \frac{2\pi^5 k^4}{15c^2h^3} = 5.670 \times 10^{-8} \mathrm{J/(s \cdot m^2 \cdot K^4)}$$

ومما يذكره لنا التاريخ أن (بلانك) نفسه كان قد تمكن من التوصل إلى وضع قانونه للإشعاع مـن خلال تطبيق وموالفة المنحنيـات التي توصل إليها مع البيانـات التي وجدت بالتجربة، ومن الممكن القول بأن أعمال وحسابات (بلانك) الأولى كانت من وحي الحدس والتخمين العلمـي ولم تعتمد على نظرية ثابتة تدعمها من قبل ولكنـه (برغم ذلك) سرعان ما تمكن من اشتقاق قانونه بطريقة علمية لا يرقى إليها الشك بتطبيقه لبعض التحوير على حسابات الطاقة

لكل طول موجي مؤثر في الفراغات التي سبق (الرايلي) ابتداعها ودراستها. ومن الملاحظ أن فكرة (بلانك) العبقرية الأولى – وإن احتاجت لبعض الوقت لقبولها من قبل المجتمع العلمي – تلخصت بافتراض أن تتكون فراغات (رايلي) في الجدران الداخلية للأجسام السوداء على شكل وحدات متناهية الصغر تعمل كمذبذبات كهرومغناطيسية، ولغرض تحقيق صحة تطبيق معادلته رياضيا افترض وجود هذه (المذبذبات الصغيرة) على هيئة (وحدات) بقيم رقمية كاملة لـ(nhf) حيث تمثل (n) رقما صحيحا يسمى بالرقم الكمي و (f) قيمة الذبذبة الناتجة عن (المذبذب) الكهرومغناطيسي الصغير و (h) هو ثابت بلانك. كما افترض أن تقوم هذه (المذبذبات) ببعث الطاقة إلى وامتصاصها من تلك الفراغات على شكل (جرعات) أو)رزم(كاملة تسمى (بالكميمات – Quanta). ولقد أثبتت التجارب اللاحقة (وبأجهزة أدق وفي مختبرات أعقد تجهيزا) بأن الصيغة الصحيحة لقانون التذبذب لابد وأن تتضمن قيمة ونصف لـ (n) وعلى الشكل التالي [$(n+y_2)$ hf]، ولكن مع الأخذ بنظر الاعتبار أن هذه الإضافة لا يجب أن تعتبر تغييرا جذريا على فرضيتي واستنتاج (بلانك) الأساسيتين أو تقلل من قيمتهما العلمية الإبداعية.

لقد أتى (بلانك) بالجديد غير المعتاد ولا المسبوق في ذلك الوقت المبكر (عام 1900) لدرجة أنه حتى هو نفسه لم يع أهمية ما توصل إليه ولسنوات عدة، فلقد جاء في مؤلفه الشهير (السير الذاتية العلمية ومقالات أخرى) قوله: **لقد بذلت جهودا جبارة وأضعت أوقاتا طويلة ومررت بسنين صعبة مضنية من أجل إيجاد الموقع الملائم للمقادير الأساسية التي افترضتها وهي (الكميمات) المتمثلة بالقيمة (nh) ضمن النظريات الفيزيائية الكلاسيكية... ولكن بلا جدوى!).**

اعتقد (بلانك) أول ذي بدء بأن ما توصل إليه من فرض وجود (كميمات المتذبذبات الصغيرة) في جدران التجاويف الداخلية (والتي أثبت العلم لاحقا بأنها قد مثلت التصور الأولي لما نسميه بالذرات في الوقت الحاضر) لم تكن إلا توافقا رياضيا أمكن إدخاله لغرض تحسين توقعات تصرف مجمل طيف إشعاع وامتصاص الأجسام السوداء. وشاركه في اعتقاده هذا (في بداية تقديمه لتلك الفكرة) الكثير من الفيزيائيين الذين اعتقدوا أن ما قدمه (بلانك)

من تصور للكميمات الصغيرة – أو ما قد يسمى بوحدات الطاقة – لم تكن إلا(شطحة) علمية وزيغا رياضيا بينا. إلا إن (بلانك) نفسه ورغم عدم تمكنه من إيجاد التفسير (العلمي) المقنع لما اقترحه من تصور (كميمي) لانتقال الطاقة، كان قد وجد فيها لبنة طيعة لينة بل ومثالية التصرف بحيث طابقت التجارب المختبرية والتوقعات النظرية، حتى قوي إيمانه بها وبصدقها وبحقيقة وجودهـا فعلا!. ولفهم صعوبـة إدراك التأثيـر متناهـي الصغـر ما بين قيمتين متجاورتـين لــ (nhf)، لابد أن نـدرك أن هذه القيمة وبحد ذاتها تمثل رقما متناهيا في الصغر لأنها تعتمد أصلا على تأثير ثابت بلانك (والذي يعتبر رقما يصعب تصوره لصغر قيمته)[1]

كتب (هيلك كراغ – Helge Kragh) كتابا بعنوان: ماكس بلانك (الثورة المرفوضة) جاء فيه:

((كان يمكن أن تحدث ثورة عظيمة في عالم الفيزياء عام (1900). وقد حدثت بالفعل دون أن ينتبه إليها أحد! ولا حتى موجدها (بلانك) نفسـه. فقد يحدث ألا يُقدّر الحدث أو الشـخص الـذي أوجـد الحدث حق قدره في حينه أو في حياته وهـذا ما حدث بالفعل للعديد من عظماء التاريـخ أمثال الفنان (فان كوخ) وعالمنا (ماكس بلانك). فالحقيقة أن التقدير والاحترام الذي نكنـه لـه اليوم ما هو إلا اسـقاط تاريخي لما قام به بعد أن وعينـاه وفهمناه في وقت لاحق يعتبر متاخرا بكثير! فما حدث من بُطء في سرعة استيعاب وتقدير لبلانك (في حينه) كان بسـبب قانونه في الإشعاع وذلك لأن الأسس (الكميمية) للطاقة والتي اقترحها آنذاك لم تكن لتجذب أي اهتمام أو ملاحظة رغم اعتبارنا إياها الآن إنجازا فكريا خلاقا بحق. فلم يدرك أهمية فكرته

(1) وهو ثابت فيزيائي استعمل لتوصيف مقدار (الكميسة – Quantum) في (نظرية الكم – Quantum Theory) وسمّي باسـم العـالم الفيزيائي الألماني (ماكس بلانك) تكريماً له. وأول استعمال له كان باستنباطه كثابـت تناسب ما بين طاقة (E) الفوتون ومقـدار ذبذبته كموجة (كهرومغناطيسية – V) وتسمى معادلة ربط مقدار الطاقة بالذبذبة بمعادلة (بلانك – اينشتين) أو (بعلاقة بلانك) وهي $E = hv$ ونبلغ قيمة ثابت (بلانك) ما يوازيها حسب الجدول المرفق. (المترجم).

Values of h	Units	Values of $\hbar$	Units
$6.62606896(33) \times 10^{-34}$	J .s	$1.054571628(53) \times 10^{-34}$	J .s
$4.13566733(10) \times 10^{-15}$	eV .s	$6.58211899(16) \times 10^{-16}$	eV .s
$6.62606896(33) \times 10^{-27}$	eVg .s	$1.054571628(53) \times 10^{-27}$	eVg .s

وتطبيقاتهـا آنئـذ إلا قلة قليلة من العلمـاء والفيزيائيين والذين اعتقدوا بصـحـة معادلتـه... ولكنـك قد تندهش إذا علمت أنـه - وإلى حد السنين الأولى من القرن العشرين - لم يدرك أي منهم بأن ما قدمه (بلانك) في حينه كان يمكن أن يعتبر مناقضا عنيفا لمبادئ الفيزياء الكلاسيكية المعروفة آنذاك وأنه على وشك أن يحدث ثورةً وانفجارا حقيقيين فيها في المستقبل القريب)).

لف الغموض معادلات (بلانك) وطوتها صفحات الكتب المغلقة فوق رفوف المكتبات العالية حتـى جاء (اينشتين) عام (1905) وأثبت أنه بالإمكان إزالة الغبار عن (**معادلات بلانك**) والإشادة بعبقريته، وأن ما صنعه وتوقعه سيكون ريح وشراع فيزياء العصر الحديث ليأخذها إلى ما بعد الفيزياء الكلاسيكية حيث يمكن تطبيقها على مختلف الظواهر... عندها وعندها فقط أدرك الفيزيائيون أن مـا اعتقدوه بشأن صحة النظريـة الموجبة الكلاسيكية للضوء لم تكـن إلا صورة مشوهة للحقيقة والتـي لا يقبلهـا لا العقل ولا قوانـين الفيزياء ذاتها. إن مـا قام به (اينشتين) هـو تقديمه النموذج العملـي لانتقال وانبعاث وامتصاص الضوء وإعـادة توصيفه على شكل(وحدات) محددة أسماها (الفوتونات) وبذلك أصبح أول من أدرك أهمية وضرورة التمسك بنظرية الكم وتطبيقاتها.

لقد أثمرت جهود (بلانك) وقادته أعماله النظرية لاشتقاق قانونه في الإشعاع اعتمادا على ابتكاره الجديد (وهو الكميمات – وتعني وحدات الطاقة المفردة المستقلة والمتذبذبة) إلى منصة استلام (جائزة نوبل) للفيزياء في عام (1918)، كما مكنه قانونه ذاك من حساب قيم كل من ثابت بلانك (h)[1] وثابت بولتزمن (k)[2] اعتمادا على معلومات وحسابات مختبرية تجريبية.

(1) راجع الصفحة قبل السابقة.

(2) وهـو الثابت الفيزيائـي (k) المسؤول عن ربط علاقة (الطاقة) علـى المستوى (الجزيئي) مع (الحـرارة) المسجلة على المستوى (الكلـي). ويسـاوي حاصل قسمة ثابت الغاز (R) على عدد افوكادرو (NA): هكـذا K=R/NA وبإمكانك الرجوع إلى قيمه حسب الجدول المرفق. (المترجم).

Values of (*k*)	Units
$1.3806504(24) \times 10^{-23}$	$J\,k^{-1}$
$8.617343(15) \times 10^{-5}$	$eV k^{-1}$
$1.3806504(24) \times 10^{-16}$	$erg\,k^{-1}$

أما اليوم فيحتفل الفيزيائيون في كافة أنحاء العالم بعيد ميلاد (فيزياء الكم) الرسمي وذلك منذ يوم الرابع عشر من شهر كانون أول ديسمبر من عام (1900) وهو اليوم الذي وقف فيه (بلانك) أمام مجمع (برلين) للفيزياء صادحا بتفسير نظريته لمن جلس ليستمع إليه من العلماء. لقد مثلت نظريته وأفكاره في حينها رأس قمة جبل الجليد الذي يخفي الجل الأعظم من حجمه وقيمته تحت الأعماق بعيدا ليس عن (النظر) فقط بل وعن الإدراك أيضا. ولا يجادل أحد اليوم في أهمية إنجازه في وضع حجر الأساس للفيزياء الحديثة، ذلك الحدث الذي وصف بمنتهى البراعة والتواضع ولم يعكس إلا الواقع في كتاب هنري هوبر (Henry Hopper) وبيتر كووين(Peter Gwynne) والذي (صدر بعنوان الفيزياء وتوقعاتها – Physics and Physical Perspectives) والذي جاء فيه:

((لقد بدأت تظهر للعيان وابتداء من عام (1890) سلسلة من الاكتشافات النظرية والمختبرية والنتائج والحسابات التي لم تكن اعتيادية بالمرة وإنما كانت أفكارا وحقائق اقتحمت حصن (الذرة) وأدخلت عقول وعيون الفيزيائيين (المحملقة) إلى عالم رقمي متوازن لم يسبق أن اقتحمه فكر من قبل.

أما رأس الحربة في هذا الإنجاز العظيم والفتح المبين فهو ما يسمى اليوم (بنظرية الكم) والتي وضحها الفلكي جورج كاسو (George Gamaw) لاحقا بكتابه الرائع (ثلاثون سنة هزت الفيزياء). أما ملخص تلك النظرية... (نظرية الكم) فتقول باعتبار كل الإشعاعات الكهرومغناطيسية من ضوء وحرارة وأشعة تحت حمراء وفوق بنفسجية مرورا بكل ألوان الطيف المرئي ما هي إلا مظاريف صغيرة ووحدات كاملة من الطاقة التي تنتقل بسرعة الضوء اسمها «الكميمات»)).

وقبل أن أختتم هذا القسم، لابد من الإشارة إلى محاولة أخرى سبقت (قانون بلانك) ومهدت له، ألا وهي (قانون إشعاع فيان – Wien's Radiation Law) والذي يعرف أيضا (بقانون توزيع فيان – Wien's Distribution Law) والذي صاغه الفيزيائي فيان (Wien) في عام (1896) والذي نص على ما يلي:

$$E_{b\lambda} = \frac{C_1}{\lambda^5(e^{C_2/\lambda T})}$$

ولقد سبق بيان معاني هذه الرموز سابقا.

إلا أن (فيان) هذا لم يكن موفقا في محاولاته لتركيب المعطيات وملاءمتها مع بعضها البعض، ولهـذا السبب فشل قانونه تجريبيا في تطبيقاته على مدى الموجات الطويلة جدا، ومع ذلك لا ينبغـي لأحد أن يغفـل أهمية هذه المحاولة الجادة كونها كانـت الإلهام والحافز (لبلانك) في محاولاتـه اللاحقة والتي أفضـت إلى اكتشافه لقانونه في الإشعاع عـام (1900)، إثر إجرائه للعديد من التجارب لتحسين ومحاولة إعادة اشتقاق قانون (فيان) ذاك.

وأخيرا إليك ملخص سريع وشامل للاختلافات الأساسية بين أمهات قوانين الإشعاع وعلى الشكل التالي:

- **قانون بلانك: وهو الصالح للتطبيق على جميع الأطوال الموجية بلا استثناء.**
- **قانون فيان: وهو الذي يصح بصورة تقريبية على الموجات القصيرة.**
- **قانون رايلي – جينز: وهو الذي يصح بصورة تقريبية على الموجات الطويلة ولكنه يقف عاجزا عـن التعامل مع الموجات القصـيرة والقصـيرة جـدا حيث يبلغ عجـزه مداه حين تقفز قيم الإشـعاعات إلى مناسـيب فلكيـة حتى تنتهي بما يسـمى (بالانهيار فوق البنفسـجي) حين تبلغ قيمة الطاقة (رياضـيا) (اللانهاية)! وهذا ما لا يُعقل.**

للفضوليين فقط:

– كان (بلانـك) أول فيزيائـي رفيـع المستوى سانـد وساعد (اينشتـين) باجتهاد وحرفية واندفاع لدى إعلان الأول عام (1905) لنظريته في النسبية.

– ناهض (بلانك) وبشجاعة منقطعة النظير كافة آراء وممارسات (هتلر) العنصرية تجاه الدين والعرق إلى درجة أنه ذهب إلى (هتلر) بنفسه ليقدم له احتجاجه وتحفظاته على ممارسات بلاده وقائدها.

– صعّد (هتلر) من ممارساته القمعية ضد اليهود وأعدم النازيون (ابن بلانك) في عام (1945).

– كثيراً ما تشاهد (بلانك) و(اينشتين) متصاحبين على إحدى خشبات (الصالات)[1] يعزفان الموسيقى الكلاسيكية، (بلانك) خلف البيانو و(اينشتين) حاملا الكمان.

أقوال مأثورة:

– اتعرف لماذا لا نتمكن (نحن بنو البشر) من حل الألغاز النهائية في الكون؟...

السبب بسيط وهو أننا (أنفسنا) في النهاية نمثل جزءاً من ذلك الكون، وبالتالي نحن جزء من اللغز والمعضلة التي نحاول حلها. نحن ببساطة لا نملك لا القوة... ولا الحق لافتراض وجود... ولا حتى بقاء... فضلا عن سرمدية ما اكتشفناه من قوانين.

بلانك

Max Plank (The Mystery of Our Being).

مقتطف من كتابه (وجودنا - في الكون - والغموض الذي يلفنا فيه).

– لقد تمكن (ماكس بلانك) في عام (1900) من حل واحدة من أصعب المعضلات التي ظلت تراوغ الفيزيائيين لسنين طوال، وهو بذلك قد فتح (صندوق بندورا)[2] المليء بالمفاجآت لبني البشر.

بيوش

Fredrick Buech، Introduotion to Physics for Sciences and Engineers -

مقتطف من كتابه (مقدمة في الفيزياء للعلوم والهندسة).

– إذا ما افترضنا تشبيه الكون (بما رحب) بباطن فرن عظيم. عندها ستمثل درجة حرارة باطن هذا الفرن معدل حرارة الكون. وبالاستعانة بقانون إشعاع (بلانك) للأجسام السوداء وبمعرفة توزيع

(1) موسيقى الصالة -(Chamber Music): نوع من الموسيقى الكلاسيكية يعزفه عدة عازفين (اثنين إلى خمسة) والذي يشيع جو الألفة والتقارب ويمكن عزفه في الغرف الصغيرة. ولا يتضمن عادةً العزف الانفرادي (السولو) – المترجم.

(2) بندورا (Pandora): هي أول امرأة خُلقت في الميثالوجيا الإغريقية ولعلها المقابلة (لحواء). قام جميع الآلهة بخلقها وكل إله أعطاها صفة أو هدية أو حيلة وقد قامت بفتح صندوقها فأطلقت كل الشرور ولما أغلقته احتجزت بداخله(الأمل). وقد تسمى Anesidora وهي المانحة لكل الهبات.(المترجم).

الموجات الكهرومغناطيسية التي تأتينا من كافة أقطار الكون وزواياه وأطوالها الموجية يمكننا تحديد درجة حرارته بثلاث (3) درجات مطلقة (كالفن) فقط.

بويش

Fredrick Buech، Iroduction to Physics for Scientists and Engineers -

المصدر السابق.

- لا تمثل الحقيقة إلا شريحة رقيقة جدا من مجمل الأفكار التي نحاول استيعابها.

بلانك

Max Plank، 1923 lecture on the law of causality and free will.

مقتطف من محاضرة له حول قانون السببية والإرادة الحرة.

- لقد عاش (بلانك) لما يقارب التسعين عاما؛ عاصر خلالها حربين كونيتين، وأمبراطوريتين ألمانيتين والحقبة الجمهورية الديمقراطية الألمانية (1919-1933) ما بين الحربين، كما عاصر النهوض العلمي المشهود لألمانيا وساهم هو ذاته في بناء صرحه. ذلك الصرح الذي دمره التعصب النازي المناهض للسامية وحماقاته الأخرى. ورغم مناهضته لكل ما قام به النازيون الألمان ورغم ما عاناه من مرارة الألم والعذاب إلا أنه فضل البقاء فوق تراب وطنه ألمانيا حيا وتحته ميتا.

كروبر

William H. Cropper، Great Physicists.

(مقتطف من كتابه (فيزيائيون عظام).

ملخص لسيرة حياة المكتشف:

ولد [ماكس بلانك (1858-1947) Max Plank] الفيزيائي الألماني الذي اشتهر بوضعه للبنات الأولى لما عرف فيما بعد (بنظرية الكم) وبوضعه (لقانون إشعاع الأجسام السوداء)، في مدينة كييل (Kiel) شمال ألمانيا حيث شغل والده منصب الأستاذ في القانون الدستوري في جامعتها.

تمتع (بلانك) بطفولة سعيدة كالابن السادس للعائلة وعشق تسلق الجبال مع عائلته. كان

ناجحا في دراسته الأولية ومتميزا في الموسيقى بلا أدنى إشارة (لا في تصرفاته ولا في إنجازاته) لأي من مظاهر العبقرية في ذلك العمر المبكر، لا في العلوم ولا في الرياضيات.

لمع (ماكس) في صباه كعازف بيانو موهوب لدرجة أنه فكر وعائلته جديا باتخاذ العزف مهنة له، فلقد كان له حس نغمي متميز وبرع بعزف مقطوعات (فرانز شوبرت – Franz Schubert) ويوهان برامز (Johannes Brahms). دخل جامعة ميونخ (Munich) عام (1874) وسرعان ما أعجب بالفيزياء والرياضيات ونما ولعه بهما. كان محبا للنقاش، كثير الأسئلة، طموحا في تفكيره وتطلعاته حتى حاوره أحد أساتذته يوما بأن حقل الفيزياء (حينذاك) كان قد أوشك على التمام ولا من جديد يكتشف بعد (نيوتن) و (كبلر) فلقد أوشكت قوانينها على الكمال ولا أحد يتوقع المعجزات في تغيير هذا الكيان الرياضي المتماسك البديع... إلا أن عشق (بلانك) الفطري للتفكير وللتفكير الفيزيائي على وجه الخصوص لم يمكنه من كبح جماح طموحه نحو التغير ونحو الأفضل. هذا ولقد وصف(بلانك) نفسه عشقه الفطري للفيزياء وتوقعاته الرحبة لها في كتابه الشهير (سيرتي العلمية وأوراق أخرى) والمنشور في عام (1949).بما يلي:

((لعله من البديهي أن عالمنا الخارجي والكون عموما لهما من الاستقلالية والعظمة ما مكنهما من التواجد والاستمرار بوجود بني البشر أو بعدمهم. إنه بلاشك كيان فريد مطلق ولهذا السبب ظللت أشعر في قرارة نفسي أن في اكتشاف واستقراء هذا الكون العظيم والمنظم والفريد من خلال فهم ووضع القوانين التي تساعد على فهم ظواهره وخوافيه لابد وأن يشكل ذروة طموحي العلمي وسموي الروحي)).

وأضاف في مكان آخر من كتابه يقول:

((في داخلي حدس يؤمن بأن التفكير المنطقي البشري لابد وأن يتطابق مع مجمل الظواهر والأحداث التي نستلمها ونستشعرها من العالم حولنا والتي نعيشها وتؤثر فينا. ولهذا أنا على يقين بإمكانية هذا المنطق على أن يفتح لعقولنا الدرب لفهم ميكانيكية هذا (الكون) من حولنا)).

استمر بلانك خلال كامل عام (1877) مواضبا على تحصيله العلمي في (جامعة برلين) حيث قابل الأستاذ الشهير (كوستاف كرشهوف) واستمع إليه ووصفه بالمحاضر الممل! وواضب أيضا خلال تواجده في(برلين) على دراسة البحوث التي قام بها [رودولف كلوزيس (Rudolf Glausius (1822–1888)] حول الديناميكية الحرارية وفتن بها إلى الدرجة التي أهلته لاختيارها موضوعا لأطروحته التي نال بها شهادة الدكتوراه عام (1879)، والتي احتوت على آرائه الخاصة وأعماله الفريدة في ذات المضمار والتي كانت بعنوان (حول القانون الثاني للنظرية الميكانيكية في الحرارة). وبالنظر لكفاءته وعلمه فما لبث أن عين في عام (1885) أستاذا فوق العادة للفيزياء النظرية في جامعة (كييل - Kiel) وتزوج بعد سنتين، أي في عام (1887) من ماري مرك (Marie Merck) وانتقل معها في العام التالي إلى (جامعة برلين) حيث عين أستاذا فوق العادة للفيزياء النظرية فيها أيضاً. ورغم شغف بلانك بالفيزياء والرياضيات والبحوث إلا أنه ظل مخلصا لشغفه وحبه للموسيقى واستمر على إحياء الحفلات الموسيقية في داره عازفا على البيانو تارة، وتارة على آلته المشابهة للآرغن الهوائي بمسطبة مفاتيح يسيطر بها على العديد من الفوهات الهوائية التي تتذبذب فوقها وريقات معدنية كلما داعبها الهواء المنفوخ إليها من الأسفل فتصدر من تحت أنامله ألحانا عذبة.

استمر(بلانك) في نشاطه الوقاد واستمر ذهنه يتدفق علما حتى عام (1897) حين نشر أهم كتبه وقد كان بعنوان (Vorlesungen uber Thermodynamik) والذي كان عبارة عن موسوعة قيمة شملت العديد من المقالات والمصادر الخاصة بعلم(الميكانيكا الحرارية) أضاف إليها أطروحته السابق ذكرها والتي كان قد أنجزها عام (1879)، مع أهم البحوث والأفكار والملاحظات المتداولة حتى عام (1896). وقد اعتبر هذا العمل الفذ أساسيا في حقل الفيزياء الحديثة لدرجة أنه ظل المرجع المفضل والأكثر استعمالا في ذلك العلم ولفترة ناهزت الخمسين عاما. أما اهتماماته الأخرى في مختلف حقول الفلسفة والدين والقيم والاجتماعيات فقد ظلت متقدة بينة على الصعيدين العلمي والاجتماعي، فهو الذي قدم اقتراحه الشهير (بضرورة وضع الهدف الواضح والمحدد الذي يبين الغاية من (العلم) بحيث يمكن إيجاد الخلفية المشتركة

والمناسبة والتي عليها تقع مسؤولية ربط كافة القوى الطبيعية في الكون بقوانين موحدة. وقد بين في مقالتــه المنشورة عام (1899) في الدورية الألمانية المعروفــة باسم (Sitzungsberichte der PreuBischen Akademie der Wissenschaften) اعتقاده بحتمية وجود ما أسماه (بالوحدات العلمية الطبيعية) وفسرها بأنها وحدات موضوعية لا تعتمد على نوع المواد أو أصولهــا ولا على القوانين الخاصة بكل مــادة على حدة وإنما هي عبارة عن وحدات (قياس مشتركة) تحافظ على معانيها وقيمهــا بكل الأوقات؛ لكافة المواد، لجميع الحضارات حاضرها وتليدها بما في ذلك خصائص وتفاصيل الحياة الكونية (خارج الكرة الأرضية)، وحتى الأصول الحياتية غــير الإنسانية، إذا ما صادف وأن اكتُشفت في الكون. وفي ذلك نظرة فلسفية عميقة وإيمان بين بوحدة الكون وما فيه. إلا أن مثل تلك الوحدات لازالت بانتظار الدعم النظري من العلماء والرياضيين والدعم الواقعي من الباحثين والمجربين، لإثبات وجودها من عدمه.

ولعــل أقــرب فكرة عملية وعلمية ملموســة لما سبق اقتراحه هو توصل العلمــاء إلى الاتفاق على مــا اصطلح تسميته (بوحدات بلانك) أو (الوحــدات الطبيعية) وذلك تخليدا واحتراما لرغبته في إيجاد تلك الوحدات (الموحدة) لتوصيف (كل) ما يحدث في الكون! وما تمكن العلماء من تحديده وتوحيــده من خصائــص وصفات هذه الوحدات كونها وحدات مشتركــة لقياس الطول والكتلة والوقت والشحنة الكهربائية ودرجة الحرارة المطلقة صيغت بطريقة تجعل بالإمكان اختزال خمسة (5) ثوابت أصلية وأساسية في علم الفيزياء إلى ثابت واحد عند استعمال (وحدات بلانك).

امــا الثوابت الخمسة آنفة الذكر والتي سعى (ثابت بلانك) لتوحيدها فهي سرعة الضوء في الفراغ (c) وثابت الجذب العام (G) وثابت بلانك المختصر ($\hbar$) والذي يرتبط بثابت بلانك الاساســي بالعلاقة [$\hbar=h/(2\pi)$] و (h) هو ثابت بلانــك الأساسي وثابت قوي كولوم [$1/(4\pi\varepsilon_0)$] حيث (ε_0)هي السماحية[1] في الفراغ و (k) هو ثابت بولتزمن.

(1) السماحيــة Permitivity: هي كمية فيزيائية تصــف تأثر وتأثير مجال كهربائي معين بالقطبية الكهربائية، وتعرّف بأنها قابلية مــادة مــا للاستقطاب نتيجة تأثرها بتيــار خارجي عنها وتعمل على تقليل قيمة ذلك التيار داخلهــا. أو هي قابلية مادة ما (للسماح) بانتقال التيار الكهربائي داخلها أو خلالها وتقاس بوحدة (الفاراد) على المتر(F/m).

ولعلـه مـن المبالغ فيه أن يطلق بعض الفيزيائيين مسمى (الثابـت الإلهي!) على ثابت بلانك هذا فقط لإعانته إياهم على التخلص مـن العديـد من الثوابـت (العرضية) آنفـة الذكر ويعوض وحداتها بوحـدة مشتركـة واحدة. ومن المفارقـات المدهشة في هذا الصدد أنـه وفي الوقت الذي نضجت لديـه إمكانية طرح فكرة (الوحدات الطبيعية)، لم يكن (بلانك) قد اكتشف قانون إشعاعه الخاص بالأجسام السوداء الذي سجل الظهور الأول لثابته المعروف باسمه، [ثابت بلانك (h)] بعد.

ولم يمـر الكثير مـن الوقت حتى حاز هذا (الثابـت) على اهتمام العلمـاء والباحثين فعمد كل من (جـون. د. بـارو - Barrow John D.) و (فرانك تبلـر - Frank Tipler) إلى اشتقاق قيم العديـد من (وحدات بلانك) الخاصة بالطول والزمن والكتلـة فـي كتابهم المعروف باسم (مبادئ وصفـات الكون المحسوس بشريـا) وخلاصة ما يبنا فيه هو أن قيمتي طول وزمن (بلانك) تبلغ من الصغر بحيث أنهما يعبران عن مقادير أقل بكثير من القيم المعروفة لأبعاد الذرة والزمن بأسس عديدة.

أما كتلة بلانك فقد تقارب كتلة حبيبة رمل!.

$$l_p = \left(\frac{G\hbar}{c^3}\right)^{1/2} \approx 10^{-33}\text{cm}$$ طول بلانك

$$t_p = \left(\frac{G\hbar}{c^5}\right)^{1/2} \approx 5 \times 10^{-44}\text{s}$$ زمن بلانك

$$m_p = \left(\frac{c\hbar}{G}\right)^{1/2} \approx 10^{-5}\text{gm}$$ كتلة بلانك

ولعل خير من يصف الدور الذي لعبته الصدفة (أو هل لي أن أقول القدر) في كيفية توصل بلانك إلى معادلتـه الخاصة بـ... ومن ثم قانونه الخاص بإشعاع الأجسام السوداء، حينما كان في (برلين) هو ما ذكره (هنريك سمث - Henrik Smith) في كتابه (ميكانيكا الكم) والذي جاء فيه:

((بعد أن احتسـى (بلانك) وأفراد عائلته فناجين الشـاي بعد ظهر يوم الأحد الموافق 7 تشرين أول أكتوبـر مـن عام (1900) والذي كان مناسـبة ممتعة لتبادل الأحاديـث بمختلف أهوائها واتجاهاتهـا (علميـة كانت أم عائلية أم اجتماعية) - جلس هو للراحة على مكتبه حتى المسـاء

يداعب أوراقه بقلمه محاولاً أن يضع بعض الأفكار والصيغ مما مرت في ذهنه عصر ذلك اليوم. ومن بينها كيفية صياغة معادلة شاملة من شأنها التوحد بين تصرف مجالات الأطوال الموجية، القصيرة منها والطويلة وصهرهما معا في بوتقة واحدة متناغمة مع مفهومي [(رايلي) و (فين)]. لا أحد يدري فيما إذا كان بلانك قد نام أو لم ينم تلك الليلة ولكنه من المؤكد أن الإشعاعات الأولى من خيوط فجر اليوم التالي كانت أول من شهد ولادة (قانون إشعاع بلانك) ولما يمر على التفكير به وصياغته أكثر من (اثنتي عشرة ساعة). وقد تم وضعه في قالبه النهائي بعد اثني عشر يوما فقط. وفي القانون بلور (بلانك) ما سمي لاحقا (بقانون بلانك) وكانت المرة الأولى التي رأى فيها النور، وبعد شهرين نشر (بلانك) اشتقاقاته لقوانين الإشعاع بطريقة تضمنت فرضيات وأفكارا لم ير علماء فيزياء القرن التاسع عشر مثلها من قبل)).

لقد عمد (بلانك) إلى توظيف المعادلات والنظريات التي تضمنت ما سمي (بالكميمات quanta) ولأول مرة لتفسير تصرف الطيف المعروف للأشعة الكهرومغناطيسية، وملخصها مفهوم انتقال الطاقة على شكل (جيوب - أو وحدات أو كميمات (مصغر كمية) صغيرة جدا وتمت دعوته لشرح موقفه وآرائه الجديدة أمام اجتماع المجمع العلمي الفيزيائي الألماني في (برلين). ازداد احترام وتقييم المجتمع العلمي والفيزيائي على وجه الخصوص لجهود وعبقرية (بلانك) وطريقة تفسيره (لقانون الإشعاع)، الأمر الذي قاده لتسنم منصة استلام (جائزة نوبل) للفيزياء في عام (1918). وقد جاء في خطابه أمام لجنة الجائزة ما يلي:

((لعل من المفارقة أن أضعكم - سادتي الأفاضل - أمام اختيارين لا ثالث لهما: الأول هو احتمال أن يكون موضوع (الكم والكميمات) الذي أسوقه اليوم إليكم ضربا من الخيال وشطحة من شطحات الزمن، وعندها سنرمي جميعا بكافة نظريات الإشعاع ونتائجها في سلة الوهم ولن نعتبر كل ما حدث إلا ملهاة تم تمثيلها بلا شخوص ومسرحية تراجيدية بلا أهمية ولا عنوان مات بطلها (قبل أن يولد)! - أو أن أستمر بعملي وأستخدم تلك (الكميمات) في اشتقاق قوانين الإشعاع باعتبارها أسساً حقيقية وصلبة استمدت قوتها من مفاهيم متماسكة في عمق الكيان الفيزيائي. وإذا ما صحت الفرضية الثانية فمن واجبي - سادتي الأعزاء - أن أنبهكم إلى أن

هـذا المفهوم الجديد وإذا ما تفضـلتم بقبوله - لابـد وأن يلعب دورا محوريا أساسـيا في الفيزياء ومنذ اليوم... دورا لم يسبق أن سمع به أحد أو أن لعبه أي (معامل) أو قانون فيزيائي من قبل... وسـنتوقع حينها نتائج لم تخطر على بال، أبسـطها أن ذلك القبول سـيحتم علينا إعادة صـياغة تفكيرنـا الفيزيائي صـياغة جذرية كاملة. وهنا احذركم - أيها السـادة - بـأن كل ما عرفناه من فيزياء قبل اليوم ومنذ أن فتحنا أعيننا على الأفكار الأزلية اللانهائية للفيزياء الهندسية والتحليلية والتفاضـلية التي جاء بها كل من (ليبنز - Leibnz) و (نيوتن - Newton) والتي حتمت علينا قبول مبدأ الاستمرارية في كل الأسباب والمسببات وحتى اليوم.... سينهار. كما وأشهدكم أيضاً بأن هذه الفكرة ستحدث زلزالا هائلا يقلب مفاهيم الفيزياء وكل ما له صلة بها رأسا على عقب. وأختم - سادتي الأفاضل - بالاعتذار عن عدم ترك أي فرصة أو مجال لكم للاختيار بين الفكرتين السالفتين فاليوم هو الفيصل لقبول مبدأ (التقطع) في الزمن والأمواج والوجود بالقول إن التجارب المختبرية قد حسمت موضوع الاختيار للاحتمال الثاني وإلى الأبد)).

كتب هوبر (Hopper) وكاين (Gwynne) يقولان:

((لقد كانت الأسابيع والأشهر الأولى والتي أعقبت إعلان (بلانك) مملة ثقيلة بطيئة الخطا، فلقد ظهر أن (بلانك) كان يعزف (بلا قيثارة!) وحيدا في غابة صـماء فلم يعر أي فيزيائي لما صـدح به أي اهتمـام! ولا غرابة في ذلـك إذ إن من مذهب الفيزيائييـين (ولي أن أقول سـائر شرائح المجتمع) أن يتريثوا ويتثاقلوا وحتى قد يرفضـوا قبـول كل ما هو جديد غير معتاد، خصوصا أولئك الذين نشأوا واعتادوا على التفكير الكلاسيكي ولم تتح لهم فرصة التعـرف على الخلفية العلمية الحديثـة، أو الاطلاع والخوض في دقائـق الأفكار الفيزيائية الثورية الحديثة. ولهذا السبب ولذاك قرر غالبيتهم الانتظار والتريث وعدم الاندفاع لتأييد الهتـاف الجديد... وإلى أن ينجلي غبار المعركة بين الفكرتين وينبري من يؤيد أو يناقض ما جاء به (بلانك) ويؤكده أو ينقضه مختبريا من زاوية أو أخرى من زوايا الفيزياء التجريبية)).

انتهـى انتظـار الفيزيائيين للحدث الحسم بأسـرع مما كانوا يتوقعون حين نشـر (اينشتين) في عام 1905 (وبعد سنوات قليلة من إعلان بلانك استخدام المفهوم (الكميمي) لتفسير قانونه في الإشعاع)

تصوراته باستخدام فكرة الكم وكميمات الطاقة لتفسير نتائج تجربة حيرت الفيزيائيين لسنين خلت، ألا وهي تجربة التأثير [(الضوئي – الكهربائي) – The Photoelectric Effect)]، والتي فسرها اينشتين (مستعينا بالإثباتات العلمية) بالاستناد إلى فكرة انتقال وامتصاص الطاقة على شكل (مظاريف أو كميمات صغيرة مفردة). ودارت عجلة الحياة حتى ظهر مقال بلانك في كتابه (سيرتي العلمية الذاتية وأوراق أخرى) والذي جاء فيه:

((لا يشهد لنا التاريخ ظهور قانون جديد أو فكرة جديدة نمت وترعرعت وصلب عودها تدريجيا أمام أعيننا حتى تلاشى من أمامها خصومها وذاب تحت ضرباتها المعارضون لها حتى استقرت على عرش التفكير الفيزيائي، بين ليلة وضحاها. فلم تُبْنَ روما بليلة واحدة وما يحدث عادة (وهذا ما أثبته التاريخ) هو أن الأفكار الجديدة لا تجد طريقها للظهور على مسرح الأحداث إلا بعد موت معارضيها وظهور الأجيال الجديدة التي سبق لها أن تعرفت إلى مثل تلك الأفكار من قبل)).

توفيت (ماري) زوجة (بلانك) عام (1909) بعد أن يتمت له أربعة أطفال وفتحت عليه أبواب النحس وسوء الطالع على مصاريعها، حتى اضطر أن يتزوج في عام (1911) من ابنة أخت زوجته كي تعينه على تربية صغاره. وبعد طويل معاناة وكثير كفاح قُتل ابنه كارل في الحرب العالمية الأولى وانتقلت كلا ابنتيه إلى جوار ربهما إثر ولادتيهما المتعسرتين في عامي (1917 و1919) على التوالي.

شغل (بلانك) منصب سكرتير الشؤون الرياضية والعلوم الطبيعية في الأكاديمية البروسية للعلوم ما بين عامي (1912 و1943)، ولما أرادت بلدية مدينة (فرانكفورت – Frankfurt) تكريمه بمنحه جائزة (كوته – Goethe Award)، اعترض وزير الإعلام النازي (جوزف كوبلز – Joseph Goebbels)[1] على ذلك [لأن (بلانك)

(1) هو الدكتور بول جوزف كوبلز (1897-1945) – سياسي ألماني نازي شهير ووزير الإعلام الهتلري وأحد أخلص معاونيه المناوئين للسامية، حصل على شهادة الدكتوراه في الآداب عن أطروحته حول (أصول الدراما الرومانسية في القرن الثامن عشر). كان مسؤولاً عن محارق اليهود، وأصل تجييش الشعب الألماني للحرب. انتحر مع زوجته (ماجدة – Magda) بعد أن قتل أولاده الستة الصغار وذلك بعد انتحار (هتلر) وعشيقته (ايفابراون) بيوم واحد. (المترجم).

ورغم كونه مواطنا ألمانيــا، إلا أنــه كان لا يخفي تعاطفه مع اليهودي (البرت اينشتين)].

ذكــر (ألان ا. كرومتستــين – Alan A. Grometstein) في كتابــه (أعماق الحقيقة: مقالات في الميكانيكا الكميمية) ما يلي:

((لمــا بزغ فجر الرايــخ الألماني بزعامة (هتلر) وقويت شــكيمته، اختار (بلانــك) أن يبقى في موطنه (ألمانيا) بدل الفرار إلى (الحرية) في بلاد أخرى، ولقد عارض علنا سياسة الرايخ الثالث واعتبرهــا بمثابة سرطان ســيؤدي بالأمة وإنجازاتها إلى الدمار ولكنــه مع ذلك ظل على ولائه لوطنه وآمن بأن وجوده فيه أفضل من وجوده خارجه على الأقل كمظهر من مظاهر (الحضارة) التي بدأت المانيا بفقدانها تحت سياسة (هتلر). ولعله كان مصيبا في ذلك فلقد عُرف بمساعدته وإيوائه وحمايته للعديد من أصحابه الذين كانوا أكثر عرضة للأذى والاضطهاد)).

لقــد دفــع (بلانك) ثمن ولائه غاليا فلقد عانى الأمرين من وجــوده في بلاده وإخلاصه لوطنيتــه ومبادئــه، فلقــد مُسح بيته الريفــي (في إحدى ضواحي برلين) عن بكرة أبيــه والتهمته النيران إثر غارة جوية للحلفاء. وفي تلك الغارة فقد (بلانك) بل العالم بأسره معظم أعماله العلمية العظيمة وتسجيلاته وملاحظاتــه البارعة وإلى غــير رجعة، أضف إلى كل معاناته تلك قيام الجستابو (وهو الحرس السري الألمــاني) بتعذيب ولده (ارون – Erwin) حتى الموت في غياهب أحد السجون وذلك أثناء انتزاع اعترافاتــه بشأن معلومات عن ضلوعه في مؤامرة اغتيــال (هتلر) الشهيرة. والحقيقة أن (ارون) هذا كان – على الأغلب – بريئاً من تلك التهمة فهو لم يكن متورطا إلا بقدر ما يمكن أن يكون قد عَرف أحد الضالعين بها. لقد هرب (بلانك) من العاصمة وقد ناهز الثمانين من العمر (80) وآثر أن يقضي ما تبقى من حياته في الريف بعيدا عن الأنظار والملاحقة التي أقضت مضجعه ومضجع من تبقى من أفــراد عائلتــه، إلا أن سوء الطالــع لاحقه وهو في خريف عمره فلما جاء أمــر تفتيش الريف وإخلاء دوره من ساكنيها كان (بلانك) قد بلغ الرابعة والثمانين وكان أضعف من أن يتمكن من الهجرة أو المعارضة فاختار أن ينزوي بعائلته ويقيم لنفسه ولها خيمة في عمق الغابة ليكمل ما تبقى له من سني حياته فيها. ولكنه ومع كل آلامه ومصائبه كان قد قاد قارب حياته وعاشها حافلة طويلة متنوعة مليئة بالأفراح والأتراح، فهو من القلائل الذين عاشوا ليشهدوا شموخ إنجازاتهم الرائعة وتقدير العالم لهم

ولهـا، فلقد مُنـح العديد من الجوائز والتي توجها بحصوله على (جائـزة نوبل). ومن بين المناصب الفخريـة التي تشـرف (بلانك) بتقلدها انتخابه زميلا للجمعية الملكيـة في عام(1926)، وحصوله على ميداليتها في عام (1929)، وانتخابه زميلا للمجمع الملكي في أدنبره عام (1937). وفي ذات العام وقف ليلقي محاضرة بعنوان (الدين وفكرة الطبيعة) قال فيها:

((إني على أتم اليقين من وجود الخالق (عز وجل)، وهو الأزلي في كل مكان وزمان ولا أشك في ذلك مطلقا، وهو بعظمته سبحانه لابد وأن يكون عظيما وعصيا على الإدراك بذاته ولكن هناك الكثير والكثير جدا من الإشارات التي تترجم عظمته لنا)).

لقـد نضـج تفكير (بلانك) في سنينه الأخـيرة – حاله حـال العباقرة السابقـين والمعاصرين – أمثال (اينشتـين) و (نيوتن) و (كبلـر) وغيرهم وبدأ يفكر بعمق أكثر في ماهية الكـون والوجود، فلقد اقتنع في قـرارة نفسـه بعظمة الكـون والوجود ولهـذا لم يكن كامل الاقتنـاع بأن وحدة هـذا الوجود هي (الكميمـات) والتي من اكتمالها وتضافرها نتج الكون برمتـه. قد تكون خطوة صحيحة وفي الوقت المناسب على طريق طويل ولكنها لا يمكن أن تكون النهاية والحل (لكل شيء)! كما اقتنع أيضا بأن هذا الكون وهذا الوجود بما يحويه من نظام محسوس وترتيب ظاهر لا يمكن أن يكون بلا هدف وبلا تعريف أي أن يكـون (مبهما)[1] وهو المصطلح الإحصائي (والواقعي) الذي اعتقد بوجوده العديد من العلماء ومنهم الفيزيائي الشهير صاحب نموذج الذرة المعروف [نيلز بور Neils Bohr (1885–1962)] و [فيرنر ويرنر هايزنبرك Werner Heisenberg (1901–1976)].

آمن بلانك بأن (الحقيقة المطلقة) شيء سام يحتفظ لنفسه بموضع خارج الإدراك ولم يهضم يوما الفكرة القائلة بأن الملاحِظ والملاحَظ مرتبطان بشدة كما اعتقد العديد من العلماء ومنهم (بور Bohr) نفسه.

(1) المبهـم (Indeterminate) وهـو مصطلـح يعني الـذي يمتلك مالا نهاية له مـن الحلول أو الذي لا يمكـن إدراكه أو تعريفه كالاصطلاحات الرياضية السبعة وهي: [∞^0 و $\infty \times 0$ و ∞/∞ و $\infty-\infty$ و 1^∞ و $0/0$ و 0^0]

[المالانهاية مرفوعة إلى القوة صفر وحاصل ضرب المالانهاية بصفر وتقسيم قيمة لانهائية على أخرى لانهائية وطرح قيمة لانهائية مـن أخرى لانهائيـة ورفع أي عدد صحيح حقيقي إلى القوة مالانهاية وحاصل قسمة صفر علـى صفر ومقدار قيمة الصفر مرفوعاً إلى القوة صفر]. (المترجم).

ولكـــي تكتمل مأســاة حياة هذا النابغة نراه (وقبيل المشهــد الأخير من حياته) وقد حوصر بين جيوش الحلفاء المتقدمة من جهة وفلول الألمان المتقهقرة من جهة أخــرى، ولم يجـد نفسه إلا أســيرا مقادا من قبل الأمريكان هذه المرة عندمــا عُثر عليه وحيدا بجانب منتجعه المجاور لنهر الألب والذي كان حطاما أقرب منه أن يكون ملاذا. وهكذا اقتيد إلى معسكر كوتنكين (Gottingen) للأسرى والذي شهد طي الصفحة الأخيرة من سيرة حياة هذا العملاق عن عمر قارب التاسعة والثمانين عاما.

في كتابهما الرائع[(100) عام من كميمات (بلانك)] توقع كل من (ايان دك Ian Duck) و (سودارشان E.C.G. Sudershan) ما سيقوله المستقبل عن عصرنا وعن بلانك ما يلي:

> **((سينظر مؤرخو القرن الواحد والخمسين (العام 5000 ب. م) أي بعد (3000) سنة من اليوم إلى ملفاتهم القديمة بتنهد وسيضــطرون إلى إزالة كميات لا بأس بها من غبار الســنين عنها وسيستجمعون هممهم للبحث عما اســترعى الانتباه واستحق أن يدون بإعجاب بشــأن القرن العشرين (فهم سينظرون إلى تراثنا العلمي بدهشة تشبه دهشتنا وإعجابنا بتفاصــيل حروب طروادة وأســبابها وأبطالها - هيلين وبارس واشــيلوس) ولا بد أن يســترعي انتباههم ضــخامة هذا الإرث العظيم - ولا ســيما إنجازات الثورة العلمية في فروع الفيزياء - ومن خلال نقاشــاتهم (والتي غالبا ما ســتكون عن طريق توارد الخواطر عبر الأثير) لا نخالهم ســيختلفون عن اختيار أكثر تلك الأحداث تأثيرا في الحياة العلمية والتي ستكون وبلاشك فكرة (بلانك) للطاقة بصورتها الكميمية كما كان قد جاء بها في عام 1900 !!)).**

لقد فتح (بلانك) بابا عظيما على مصراعيه (وهدى عقولا خارقة) إلى حقيقة بالغة الأصالة امتازت بــذروة الإبداع وقمة الغرابة والغموض مع مطلق الأهمية لإدراك منتهى الحقيقة في هــذا العــالم بحيث لا يمكننا الآن أن نتصور إلى مــاذا ستقودنا هذه الحقائق التي لا يوجد لدينا أدنى تصور عن منتهاها.

تقديرا لجهوده الفكرية وتخليدا لذكراه، سُميت إحدى فوهات القمر والبالغ قطرها (314

كيلومترا) باسمه وصادقت الجمعية العامة لاتحاد الفلكيين العالميين على ذلك في عام (1970).

تمكـن الباحثون في مختـبرات سانديـا (Sandia) الوطنية عام (2003) مـن تخليق مادة فاقـت توقعات (قانون إشعاع بلانك) للأجسـام السوداء لتلك المادة! وما قاموا به عمليا هو تصنيـع خويطات من (بلورات) عنصـر التنكستن[1] فاقت في طاقتهـا المنبعثة عند تسخينها في مديـات محددة مـن الطيف القريب من الأشعـة (تحت الحمراء) مقـدار الطاقة المنبعثة من الخويطـات (الصلبة) المصنعة من ذات العنصر. وتكهـن الباحثون أن هذا الشكل الجديد من العنصـر المعروف سيشكل (يوما ما) حجر الأساس لتوليد طاقة نظيفة فائقة الجودة ومن نوع جديـد، فلقد تمكنوا من إثبات أنه بإمكان الإشعـاع المنبعث من خويط التنكستن والمصنوع (حصريا) من بلوراته أن يضخ الطاقة خلال مديات موجية موالفة مع أنواع متطورة من الخلايا (البطاريات) الكهوضوئية والتي ستستطيع – حسب طبيعتها – من تحويلها إلى طاقة كهربائية نظيفـة. هذا وتنقاد البلورات الجديدة هـذه والمسمـاة (بالبلورات الكميميـة الضوئيـة) إلى (قانـون بلانك) آنف الذكر والذي يصف تصرفهـا كجسم أسود وليس كيان بلوري ضوئي كميمي. ولإيضاح ما سبق أنقل إليك شرح أخصائيي أبحاث تلك المادة كما يلي:

((من الظاهر أن هذه المصفوفات البلورية المتكررة تقود خطوط الطاقة المارة بها عبر أواصر وفجوات معينة محددة وتحفزها للخضـوع لتداخلات عنصر (التنكسـتن) مـع الفوتونات الضـوئية وبطريقة فاقت توقعات (بلانك) نفسـه عندما صـمم وفكر ووضع قانونه الرائع لمخارج الطاقة وكمياتها عند تسـخين الأجسام السوداء الكلاسيكية. ولابد لنا من التأكيد هنا على أن لكيانات هذه المواد البلورية المتكررة قابلية إصدار كميات أكبر من الطاقة تفوق ما تبعثه موادها الخام الطبيعية فقط ضـمن نطاق المديـات الذبذبية (والأطوال الموجية) التي يسمح تكوينها المادي البلوري والتكراري الداخلي للطاقة أن تخترقها وتعبر من خلالها)).

---

(1) التنكسـتن (Tungsten): وهـو عنصر رمادي – مبيض ثقيـل ينتمي إلى عائلة الكروميوم والمليبدنيـوم عدده الذري (74) ورمـزه الكيمـاوي (W) وقد يسمى (Wolfram) ويستعمل لتقوية الكربون والحديـد في سبائكه وفي صناعة خيوط (اللمبات) الكهربائية. (المترجم).

وختاما أظنني عبرت - وبوضوح - خلال تصفحي لسجل حياة هذا العالم عن اهتمامه وولعه الشديدين بالثوابت الفيزيائية الأساسية، فمن المعروف أن هذه الثوابت الأساسية - وخذ سرعة الضوء (c) في الفراغ مثالا على ذلك - قد اتفق على اعتبارها ثابتة أزلية غير خاضعة للتغيير (وهذا هو الأساس وحجر الزاوية في (نظرية اينشتين النسبية)، ولكن الجديد في الموضوع أن علماء القرن الواحد والعشرين ما فتئوا يدعون أنهم تمكنوا من رصد وقياس تغيرات طفيفة في تلك القيم (الثابتة)! فمثلا اقترح العديد من العلماء وفي أماكن متباينة من العالم عام (2006) - أمثال الفرق الفيزيائية وعلماء الفلك في هولندا وروسيا وفرنسا - أن قيمة الثابت (μ) ميو - والذي يمثل نسبة كتلة البروتون إلى كتلة الإلكترون قد تكون قد (نقصت قليلا!) في الوقت الحاضر عما كانت عليه قيمتها عند لحظة ولادة الكون. ومن المدهش أن ملاحظاتهم وآراءهم هذه كانت قد بنيت على أساس الحسابات والأدلة التي حصلوا عليها من دراسة نماذج أطياف امتصاص الضوء لجزيئات الهيدروجين المتموضعة في اعماق سحيقة من الكون مقارنة بأطياف امتصاص الضوء لجزيئات هيدروجين موجودة في المختبر.

ولإلقاء شيء من الضوء على خاتمة هذه الرحلة، لابد لنا أن نوضح - وبالاستناد إلى سرعة الضوء والزمن اللازم له لبلوغ مراصدنا وآلات قياسنا وزيادة هذا الزمن كلما أمعنا في مراقبتنا لأغوار أعمق من الكون، بأن على الدارس لتلك الإشارات أن يعي بأنه سيكون كمن يقلّب صفحات الزمن (بالمقلوب - أي من الحاضر إلى الماضي) ليعلم وليدرس ما حدث آنذاك. وقد يتمكن العلماء من الاستعانة بمثل تلك الاكتشافات لتحديد أسس مقارنتهم لثوابت الكون والبت في ثبوتها أو تغيرها مع الزمن. وأخيرا لابد لعلم الفيزياء من تقديم شحنات إضافية من (كميمات المعرفة وإدخالها إلى (بلورات) الكيان العلمي العالمي الحالي لغرض إقناع علمائنا الآن لقبول تلك الفرضيات والشروع باستخدامها كأسس جديدة لاكتشافات (أغرب)! في المستقبل.[1]

---

(1) وهنا لا أجد خيراً من الآية الكريمة ﴿ويسألونك عن الروح قل الروح من أمر ربي وما أوتيتم من العلم إلا قليلا﴾ صدق الله العظيم، سورة الإسراء، الآية (85)، كي أختم بها كل ما سبق. المترجم.

مصادر إضافية وقراءات أخرى:

Barrow, John D., and Frank Tipler, *The Anthropic Cosmological Principle* (New York: Oxford University Press, 1988).

Duck, Ian, and E. C. G. Sudarshan, *100 Years of Planck's Quantum* (Singapore: World Scientific, 2000).

Grometstein, Alan A., *The Roots of Things: Topics in Quantum Mechanics* (New York: Springer, 1999).

Hooper, Henry, and Peter Gwynne, *Physics and the Physical Perspective* (New York: Harper and Row, 1977).

Kragh, Helge, "Max Planck: The Reluctant Revolutionary," *PhysicsWeb*, December 2000; see www.physicsweb.org/articles/world/13/12/8/1.

Kreith, Frank, and Mark S. Bohn, *Principles of Heat Transfer*, 6th edition (Pacific Grove, Calif.: Brooks/Cole, 2001).

Planck, Max, *Scientific Autobiography and Other Papers* (New York: Philosophical Library, 1949).

Singer, Neal, "Energy Emissions Far Greater Than Predicted by Planck's Law: Revolutionary Tungsten Photonic Crystal Could Provide More Power for Electrical Devices," DOE/Sandia National Laboratories, July 8, 2003; see www.newmaterials.com/news/2245.asp.

Smith, Henrik, *Quantum Mechanics* (Singapore: World Scientific, 1991).

أفكار فلسفية وآراء للمناقشة:

– لابــد مــن وجود الله (جل وعلا)، لأن في الرياضــيات التناغم والتوافــق والحقيقة، ولابد من وجود (الشيطان) لأننا لا نستطيع إثبات ذلك التناغم والتوافق ولا تلك الحقيقــة![1].

كلين

Morris Kline، Mathematical Thoughts from Ancient to Modern Times.

مقتطف من كتابه (الأفكار الرياضية منذ فجر التاريخ وحتى وقتنا الحاضر).

– لم الخلاف ولا يوجد أي فارق جوهري بشــأن قدرية تصرف الكون فيما إذا كان مصــدرها الله (الإله الأحد القادر ســبحانه) أو أنها نابعة من قوانين الطبيعة... فإننا وعلى كل حال يمكننا دائما أن نُرجع كافة قوانين الطبيعة ونرصها معا تحت عنوان (إرادته) جل وعلا.

هاوكنج

Stephen Hawking، Black Holes and Baby Universes

مقتطف من كتابه الشهير (الثقوب السوداء والأكوان الفتية).

(1) حسب ترجمة النص.

– تمنح قوانين الطبيعة دورا محددا معلوما لحدود ومفاهيم معينة. ولكننا لا نعرف حقيقة ولا كنه هذه الحدود ولا أصل تلك المفاهيم. إن كل ما استطعنا معرفته عن تركيبها (وإلى اليوم) هو أنها عبارة عن (حقول كميمية ابتدائية)، تمتاز بالدقة الكاملة وبالبساطة المتناهية لأنها تحكم بالتماثل وتمتاز به، ولكن تلك الحقول ليست من الاشياء التي يسهل إدراكها فلا خلفية لنا عنها! وكل ما يمكننا تأكيده هنا هو أن كل مفاهيمنا الحالية والاعتيادية بخصوص الفضاء والوقت والسببية والتكوين والتركيب والمادة والطاقة سوف تقف عاجزة وتفقد كل ما تعنيه مسمياتها عند ذلك المستوى.

ولكننا بالمقابل قد تمكنا (وعلى مستوى الحقول الكميمية فقط) من فهم... وبدأنا بالفعل نتلمس (الحقيقية) بصورتها المبسطة المقبولة.

وينبرك

Steven Weinberg "Is Science Simple?" in The Nature of the Physical Universe.

مما كتبه في كتاب (طبيعة الكون الفيزيائي) تحت عنوان (هل يمتاز العلم بالبساطة؟).

– الفيزياء بوتقة نادرة تجمع داخلها مفهومي الاختراع والاكتشاف معا!! خذ (قانون نيوتن في الجذب العام) و (قانونه في الحركة) مثالين.. تراهما عبارة عن نموذجين رياضيين يحاكيان العالم الحقيقي في تصرفاته واستنادا على ذلك نعتبرهما اكتشافين، ولكنهما (وفي الوقت ذاته) كانا اختراعين خالصين أنجزهما عقل (نيوتن) نفسه وكانا من بنات أفكاره. ولعل في(التقريبية) التي تصبغ هذين القانونين (وغيرهما من قوانين الفيزياء) أي (عدم تطابقهما مع الواقع) بكل تفاصيله بالضبط لهو الدليل على خلوهما من الإطلاق والسرمدية وقد ينعتهما المتشددون بالتوصيف الذي (ينقصه الكمال). ولكن الكون – في المقابل – هو الكون كما هو ونظريات البشر لتوصيفه لابد وأن تعتبر اختراعات لأنها (أوجدت) ولم تكن من قبل، كما يمكننا اعتبارها اكتشافات لأنها تعكس وببساطة واقعا (موجودا) قبل وجودها. وعلى أي حال أجدني على يقين بأننا سوف نسعى وسنظل دائما نبحث في سعينا عن النماذج (المحاكية)، وليست (المطابقة) للكون وتصرفاته لأننا – وهذا هو الواقع – لسنا إلا مراقبين له نصفه من (الخارج إلى الداخل) دائما، ولن نتمكن يوما من إدراك كنهه من (الداخل إلى الخارج) ولو حرصنا!

هوبسن

Nick Hobson، 2006 ، personal communication with the auther.

من مراسلة شخصية له مع المؤلف.

قانون براك لاستطارة الضوء في البلورات

BRAGG'S LAW OF CRYSTAL DIFFRACTION

بريطانيا (1913):

تعتمد زاوية أعظم شدة انعكاس لشعاع مسلط على سطح بلورة معينة على الأبعاد الفاصلة بين مستويات ذراتها، وعلى طوله الموجي.

من أحداث عام 1913:

- اعتقال (المهاتما غاندي) قائد العصيان المدني السلمي الهندي ضد الأمبراطورية البريطانية.
- ولد المؤلف الفرنسي الشهير البير كامو (Albert Gamus) وولد الرئيس السابع والثلاثون للولايات المتحدة الأمريكية ريتشارد نيكسون (Richard Nixon).
- افتتحت بناية الوولورث (Woolworth) ودشن الخط المركزي لقطار أنفاق نيويورك.
- اشتهر وضع واستعمال السحابات (Zippers) في... وعلى الملابس.
- دشن (هنري فورد – Henry Ford) (صاحب إمبراطورية صناعة السيارات المعروفة باسمه) أول خط إنتاج (جملة) يعمل بواسطة الحزام الناقل في أحد مصانع سياراته.
- سوقت شركة تبوغ ر.ج. رينولدز (R.J.Reynolds) العملاقة ولأول مرة ماركة سجائرها الشهيرة (الجمل).

نص القانون وشرحه:

اكتشف كل من الفيزيائيين البريطانيين (السير دبليو اتش براك – W.H.Bragg) وولده (السير دبليو ال براك – W.L.Bragg) قانون (براك) والذي يفسر نمط استطارة الموجات الكهرومغناطيسية المنعكسة من على سطح البلورات المسلط عليها. ويُعتبر هذا القانون أداة فعالة ذات كفاءة عالية لدراسة البنية البلورية للمواد، فعندما تُسلّط موجات أشعة إكس على سطح بلورة مادة معينة فإنها ستتفاعل مع المستويات الذرية المكونة لتلك البلورة والتي ستعمل

على إعادة انعكاس أشعة تلك الموجات بكيفية تتداخل الواحدة منها مع الأخرى بشكل بناء فتعزز بعضها البعض بقيم رقمية كاملة يحكمها قانون (براك) كالتالي:

$$n\lambda = 2d\sin(\theta),$$

حيث تمثل (λ) الطول الموجي للإشعاعات الكهرومغناطيسية الساقطة (أشعة – إكس كما في المثال السابق).

و (d) مقدار المسافات الفاصلة بين مستويات الكيان البلوري للمادة. و (θ) هي الزاوية الفاصلة بين الشعاع الساقط والأسطح التي يتشتت عنها خارجا من البلورة.

وتفسر هذه الظاهرة حقيقة أن الأشعة الساقطة على سطح بلورة ما والمارة خلال طبقاتها (أي مستوياتها الذرية) لابد لها أن تنعكس عن أحد تلك السطوح إلى الداخل لتعود وتقطع (داخل كيان البلورة ذاتها) نفس المسافة التي قطعتها بدخولها قبل أن تتمكن من مغادرة تلك البلورة. تعتمد المسافة المقطوعة داخل البلورة على مقدار المسافة الفاصلة بين مستوياتها البلورية وعلى زاوية سقوط الأشعة التي سُلِّطتْ عليها أول مرة، وللحصول على الأشعة المنعكسة (على شدتها العظمى) لابد لأمواجها أن تتماثل بالطور(Phase)، كي تنتج نوع الانعكاس البنّاء آنف الذكر، عندها يكون المقدار (n) المذكور في المعادلة السابقة عددا صحيحا. وعليه فإن كلا من جزئي الشعاع المنعكس عن سطح المستوى البلوري الأول والثاني (وقد يكون مع الثالث والرابع... وكذا) في طور واحد عند خروجهما من على السطح الخارجي للبلورة، وهكذا سيظهر بشدة لمعان قوي أخاذ. ففي حالة (n = 1) سنحصل على الانعكاس من الدرجة الأولى، وإذا كان (n = 2) فإن الانعكاس سيكون من الدرجة الثانية وهكذا.. يتحول التداخل (البناء) تدريجيا إلى تداخل (هدام) عند تغيير قيمة (θ) في حالة مشاركة مستويين في استطارة الأشعة الساقطة.. ولكن عندما يشارك عدد كبير من صفوف المستويات البلورية في عكس الأشعة الساقطة عليها، عندها يبلغ التداخل البناء مبتغاه كقيمة عظمى ويصبح (لمعانا وتلألؤاً) بشدة استثنائية بالنظر لحدوث الغالبية العظمى من التداخلات (الهدامة) فيما بين المستويات ذاتها ولا ينعكس عنها إلى الناظر إلا التداخلات

البناءة.. وهذا هو سر المنظر الآسر الأخاذ لبريق الماس وسر ارتفاع ثمنه[1].

إن لهذا القانون فوائد جمة منها قياس أطوال الموجات الكهرومغناطيسية وحساب أعداد ومقادير الفواصل الكامنة ما بين المستويات الذرية للمواد البلورية الصناعية والثمينة كالماس والزمرد والياقوت وغيرها – ولقد وفر قياس ودراسة تصرف التداخل لموجات (أشعة إكس) في البلورات والذي عرف علميا (باستطارة أشعة – إكس) الدليل الحسي والمختبري الملموس للفكرة القائلة بأن الكيانات الذرية للمواد البلورية لابد وأن تتشكل بمستويات متوازية مكونة من مراكز ذرات المادة المرتبة بتناظر وتماثل هندسي معين ودقيق... والتي ظلت سائدة لقرون خلت تنتظر من يثبتها.

للفضوليين فقط:

• شغف (براك – الابن) بالطبيعة وارتياد سواحل البحر بحثا عن القواقع حتى اكتشف نوعا جديدا من الأسماك من فصيلة (Cattlefish) سمي علميا بـ (Sepiabraggi) تيمنا باسم مكتشفها.

كما سجله التاريخ كأصغر من وطئت قدماه منصة استلام (جائزة نوبل).

أقوال مأثورة:

– بالنظر للتضارب الجوهري بين صفات (الموجة والجسيم) – وهما شكلا انتقال الموجات الكهرومغناطيسية وتذبذب العلماء والفيزيائيين في حسم آرائهم حول تبني أي من الفكرتين وبالنظر لتصرف تلك الموجات فعلا بالطريقتين المتباينتين فقد سادت بلبلة فكرية كبيرة في الأوساط العلمية اقترح لها (وليم براك – الأب) الحل الساخر التالي:

(1) ما يحدد سعر الماس بالواقع هو الحرفية العالية في صقل أوجهه واختيار الزوايا الملائمة على سطحه وعلاقة الواحد بالآخر بطريقة تجعل الضوء النافذ إليه يمر بأكبر عدد ممكن من الانعكاسات (البناءة) داخله ليخرج بريقا أخاذا. (المترجم).

– لتجنب الخلاف قبل انفلات الزمام ولحل كافة مشاكلنا قبل أن يسود (الظلام)... فليطبق علماء وفيزيائيو القرن العشرين قوانين (النظرية الموجية) أيام الاثنين والأربعاء والجمعة وقوانين (نظرية الكم) أيام الثلاثاء والخميس والسبت أما أيام الأحاد فلياخذوا فيها إجازتهم في دورهم مع عوائلهم استعدادا لعمل الأسابيع الموالية... وفي ذلك خير لهم لو يعلمون عظيم!!

براك

William Henry Bragg، (Electrons and Ether Waves).

مقتطف من كتابه (الإلكترونات وموجات الأثير).

– لعل روح البغضاء والحسد تأبي إلا أن تمد بأصابعها لتعكر صفو العلاقة حتى بين الابن وأبيه فلقد سبب العمل المشترك مشاكل جمة بينهما، وإن لم تطف على السطح بالنظر لتحفظ كلا الرجلين وابتعادهما عن النقاش الصريح الجارح في العلن لحل أزمتهما. لقد ظل حنق الإبن على أبيه دفينا وحقده متأججا بالنظر لشعوره الدائم بعدم إنصاف المجتمع العلمي له وإضفاء الهالة كاملة لشخص أبيه وظلمه إياه بوضعه دائما في ظله.

نورث

Anthony C. T. North، (Light is a Message - Book Review).

مقتطف من مراجعة كتابه (الضوء رسالة).

– ظل السير لورنس براك (الابن) والذي توفي في الأول من شهر تموز من عام (1971) عن عمر يناهز الـ(81) عاما متمسكا بيقينه الكامل بأنه هو (وحده) من أوجد هذا العلم الجديد الذي نذر نفسه لأجله وعاش من العمر ما يكفي ليشهد آثاره البينة على تطور العلوم الطبيعية ابتداء من علم الكيمياء اللاعضوية مرورا بعلوم المعادن ثم علم التعدين متوجا باستخداماته في حقول الكيمياء العضوية والحيوية.

بروت

Max Perutz، (A Hundred Years and More of Cambridge Physics، Sir Lawrence Bragg).

مقتطف من كتاب (مئة عام ونيف من (إنجازات) فيزياء - جامعة كمبردج - السير لورنس براك).

– كل ما حدث كان (جسيمات) وكل ما سيحدث سيكون (أمواجا) وما على (غربال) الزمن المسافر

إلا أن (يعجن) الأمواج بالجسيمات في (لحظة) القياس!

براك (الابن).
William Lawrence Bragg، quoted in Ronald Clark's ‹Einstein، Life and Times›.
مقتطف عنه في كتاب رونالد كلارك (اينشتين - الحياة والزمن).

ملخص لسيرة حياة المكتشفين:

[وليم هنري براك (1862-1942) William Henry Bragg] الأب

و [وليم لورنس براك (1890-1971) William Lawrance Bragg)] الابن

فيزيائيان بريطانيان اشتهرا بأعمالهما الرائدة واستخدامهما (لأشعة - إكس) لاكتشاف وتحديد البنية البلورية للعديد من المواد مثل ملح الطعام (NaCl) وسلفيد الزنك (ZnS) والماس، الأمر الذي أهلهما لنيل (جائزة نوبل) في الفيزياء عام (1915).

ولد (هنري براك - الأب) في قرية وستوارد (Westward) في منطقة (كامبرلاند - Cumberland) من أرياف شمال بريطانيا منحدرا من عائلة اشتهرت بأصولها الفلاحية، كما مارس بعض أجداده التجارة عبر البحار. دخل المدرسة مبكرا وامتاز فيها حتى تأهل في عام (1885) للدخول الى كلية (الملك وليم) حيث تقمصته حالة من الهلع والخوف الشديدين من (الكتاب المقدس) كنتيجة لما ترسب في ذهنه عن قراءاته لقصص العذاب الأبدي في الحياة الأخرى فيه والتي أذكت الروع الذي سبق وأن ترسب في نفسه نتيجة لما روي له من الأحداث المرعبة وقصص العذاب التي تنتظر بني البشر في حياتهم الأخرى في صباه! لقد أفصح (براك - الأب) بصراحة عن تلك الوساوس التي لازمته وخالجت نفسه في مذكراته الشخصية، وفي محاضرة له في جامعة كمبردج ألقاها في عام (1941) والتي كانت بعنوان (العلم والايمان) قال فيها:

((لقد أرعبني الكتاب المقدس لسنوات، ابتعدت خلالها عنه وامتنعت عن قراءته ولم أشأ حتى رؤيته، وقد لا يكون هذا غريبا فهناك الكثيرين (على ما أعتقد) ممن يشاطرونني هذا الرأي. لقد ملأني التفسير الحرفي لقصص التوراة رعبا وداخلني بسببه الخوف الشديد الذي انعكس على شخصيتي وتصرفاتي فلازمني البؤس والوجل لعدد

لا يستهان به من سني حياتي)).

لم يفقـد (هنري – الأب) إيمانه كاملا إلا أنه اتخذ موقف الرافض المنكر تماما لفكرة وجود (الجحيم الحقيقي). مـرت السنون ونضج العالم المتفتح ذهنيا وتوصل إلى (السلام مع نفسه) واستطـاع تهدئـة ذاته وروعها حتى توصـل إلى بوادر الايمان حين (مسـك عصا التدين من وسطهـا) كما جاء في كتاب (عالم الأصوات) والذي نُقـل فيه عنه قوله: (أجزم الآن أن غاية الدين هي أن يدرك الإنسان الغاية من وجوده في هذا الكون، أما غاية العلم فهي بمنحه القوة اللازمة لتحقيق تلك الغاية).

لقد أحب (براك – الأب) الرياضيات كما لم يحب شيئا في حياته من قبل، فلقد نذر نفسه وركز طاقاته لدراستها خلال تواجده في (جامعة كمبردج) حتى كانت شغله الشاغل وهمه الوحيـد فلم يعر أدنى اهتمام لأي موضـوع سواها، لقد انكب – ولسنوات ثلاث متتالية – علـى دراستها طـوال الصباح ومن الساعة الخامسة حتى السابعـة عصرا وطوال وقت المساء حتـى وقت منامه المتأخر كل ليلة.. أمـا نتيجة ذلك فكانت باهرة حقاً، فلقد أبدع أيما إبداع في الإجابـة على كافة الأسئلة في جميع امتحاناته، حتى نقل كاتب سيرته الذاتية بول فورمن (Paul Forman) في كتابه المعنون (وليم لورنس براك) عنه قوله:

((لم أتوقع مطلقا أن تكون للرياضيات مثل تلك القدرة الخارقة على السمو بمحبيها إلى تلك الحدود. نعم لقد سـمت بي وسموت بها وازدادت معها ثقتي بنفسي إلى الدرجة التي ذقت معها السعادة بطريقة لم أذقها من قبل وأدركت فيها لذة الشعور بالذات بما لم يسبق أن خطر لي على بال)).

نعم لقد أحب (براك – الأب) الرياضيات وبرع فيها إلى الحد الذي أهله في عام (1855) لتبوء منصب الأستاذية في الرياضيات والفيزياء في جامعة اداليد (Adelaide) في أستراليا.

مـرت السنوات الأربعون الأول من حياة (بـراك – الأب) بدون أي نشاط منشور يذكر، فلقد فضل هو قضاء سنينه الأكاديمية بين أروقة الجامعة وداخل قاعات التدريس محاضرا بارعا جاذبـا للعقول الفتية النهمة للعلم والمعرفة ومزاولا بارعا للعبة الكولف، فيما كان ابنه الأكبر

(وليم لورنس) مساعـده المجد في حمل مضارب اللعبة وكراتها. ومرت السنون على ذلك الحال حتى لمع نجمه وبرزت قابلياته عندما جاوز الأربعين.. وهنا يشير الكاتب (فورمن) إلى نبـوغ الأب المتأخر في مزاولته للبحث العلمـي وإبداعه في ممارسته والنشر فيه، فلقد جاء في مدخله من كتاب (معجم سير العلماء الذاتية) ما يلي:

((... مـن العادة بل من المتعارف عليه أن للنبوغ العلمـي والألمعية الفكرية جذوة لابد وأن تضرب بجذورها عميقا في شخصـية العبقري فتسمه بسماتها منذ نعومة أظفاره، إلا أن كل ما كان في حياة (براك) الطفل والشاب واليافع وحتى البالغ وإلى حد مجاوزته لسـن الأربعين بقليـل، لم يكن لينم عن أي بـادرة من البوادر المؤشـرة أو الملفتة لجذوة تلك العبقرية المفرطة. ولا يمكن اعتبار ذلك النموذج في الحياة إلا نمطا اسـتثنائيا غريبا لشـخص تفتقت عبقريته بمفاجأة كاملة حيث عاش مغمورا حتى نجح بعد الأربعين في انتخابات حصوله على عضوية المجمع العلمي بلندن في عام (1907)، وجائزة أفضل محاضـرة في عام (1915)، وجائـزة نوبل في الفيزياء في ذات العـام، وميدالية لمفورد (Lumford)[1] الممنوحـة من قبل المجمع العلمي الملكي عام (1935) وعضـوية العديد والعديد من الأكاديميات العلمية الأجنبية. وللحق والتاريخ لابد أن نذكر هنا أنه يمكننا اعتبار عام (1903-1904) هو عام بزوغ فجر عبقرية (وليم هنري براك - الأب) بعد عمر ناهز الحادية والأربعين سنة بقليل)).

(ملاحظـة الكاتـب: وهنا لابـد لي من وقفة أطلب فيهـا من القراء الأعـزاء تزويـدي بأسمـاء وسير حيـاة أي مـن مشاهير العلمـاء والذين تفتقت عبقريتهم فـي مثـل هـذا الوقـت المتأخـر من العمـر[2]، كمـا لابـد مـن الإشـارة إلـى أن (ي.م.س. اندريد

(1) The Rumford Medal - وقد استحدثها العالم البريطاني [بنيامين ثومبسون - Benjamin Thompson] والمعروف أيضاً (بالكونت لمفورد - Count Lumford) في عـام (1796) بتبرعه بمقدارها. وتمنحها (الجمعيـة الملكية) لأجل اكتشاف حديث في أي من مجالات الحرارة أو البصريات للمادة. وتتضمن ميدالية مع مبلغ (1000) ألف باوند إنكليزي. (المترجم)

(2) لعـل في تاريخنـا العربي والإسلامي الكثير ممـا يقال في هذا الشأن وما النابغة الذبياني - فحـل شعراء العرب - والذي نبغ في الشعر بعد الأربعين إلا مثالا واحدا نضيفه لما سبق. (المترجم).

(E.M.C.Andrade–) و (ك. لونسدل K.Lonsdele) كانا قد أشارا إلى عين هذه الملاحظة في نعيهما المنشور لبراك في عام 1943).

امتازت حياته بالاستقرار المادي والوظيفي، فلقد تمكن من تسنم ذروة سلم التدرج العلمي الأكاديمي وبلوغ أعلى مراتبه كأستاذ جامعي مرموق واكتفى بذلك وملأ الرضا نفسه فلم تبدر منه أي رغبة بالاهتمام فضلا عن إجراء أي بحوث علمية أو تجارب مختبرية، ولكنه انبرى وبدون سابق إنذار لبحث علاقة (أشعة – إكس) وأهميتها في دراسة واكتشاف الأنظمة الذرية البلورية ورسم مخططاتها، ويكون بذلك قد عكف على دراسة تفاصيل موضوع واحد وركز كل وقته ومجهوده في نقطة فريدة حتى تمكن وخلال سنوات معدودة من صياغة اسمه وبأحرف من ذهب على صفحات كل كتاب عني بالدراسة الجدية لمواضيع الفيزياء والكيمياء بكافة اختصاصاتهما.

لقد تمكن عالمنا الفذ من إكمال كافة الدراسات الجوهرية وإنجاز كامل الأعمال العظيمة التي توضح طبيعة (أشعة – إكس) وتصرفاتها بحيث سيبقى اسمه مقرونا بها وإلى الأبد. ومما يستدعي الغرابة حقا إمكاننا تلخيص سيرة حياته باختصار شديد وكأنه شخصية أسطورية بدأ حياته كشاب خجول ويافع مغمور لم يشعر ولو ليوم واحد بانتمائه الحقيقي لمنطقة كامبردج ولا لجامعتها... حتى أصبح بعد كهولته واحدا من أعظم الشخصيات العلمية المحبوبة منزلةً ومن أكثرها شهرةً في عموم بريطانيا.

شرع (براك – الأب) بتصميم وتنفيذ تجاربه في ربيع عام (1904) وابتدأ بدراسة قابلية امتصاص جزيئات ألفا (وهي أيونات غاز اليهيليوم ذوات الشحنة المزدوجة الموجبة) للأشعة السينية (X – Ray) واستمر في أبحاثه خلال السنتين المواليتين فغزر علمه وفاضت نتائجه حتى صار ينشر بحثا فريدا أو مقالة جديدة كل بضعة أشهر. واستمر على ذلك المنوال حتى لمع نجمه واشتهر كباحث متميز مرموق في المجتمعات الفيزيائية والعلمية وذاع صيته في عالم ذاك الزمان.

شهدت بدايات القرن العشرين وبالخصوص العقدين الأولين منه نشاطا علميا واسعا واستثنائيا لاكتشاف وتوصيف ودراسة الموجات الكهرومغناطيسية واعتقد العلماء بأن (أشعة – إكس على

وجـه الخصوص) لابد وأن تكون شكلا من أشكالها وبطول موجـي قصير جدا يبلغ بضعة أجزاء من الإنكستروم[1] مما يجعلها أقصر بالطول الموجي من الضوء المرئي بحوالي ألف مرة[2] ولكن هذه النظريـات والأفكار كانت لا تزال بانتظار من يثبتها تجريبيا ويوثقها علميا.. وهذا هو ما تم بالفعل عـام (1912) حين استطاع (وليم لورنس بـراك – الابن) أن يضع اللبنة النهائية ومسك الختام في تفسير تصرفات تلك الموجات ولمختلف أوجه انتقالها وتصرفاتها، وذلك باقتراح التفسير الرياضي الأمثل للملاحظات والتجارب التي نشرها العديد من علماء الفيزياء وعلى رأسهم الفيزيائي الألماني [ماكس فون لو (Max Von Law (1879–1960] وهو باعتبار (أشعة – إكس) شكلا من أشكـال الأشعـة الكهرومغناطيسية والتي تتألـف من موجات بمستويـين أحدهما كهربائي والآخـر مغناطيسي متعامدين على خط مسار الموجة.. وإن لهذه الموجة قابلية اختراق والانعكاس من على مختلف أسطح المستويات الذرية للكيانات البلورية للمواد المستعملة في دراستها، حتى توج أعماله باشتقاق قانونه الشهير والمعروف باسمه (كقانون براك) كما ذكر آنفاً، وهو:

$$\boxed{n\lambda = 2d\sin(\theta).}$$

قـرأ (وليم لورنس – الابـن) أعماله الرياضية واشتقاقه للقانون المعـروف باسمه في ورقة أمـام اجتماع موسع (لجمعية كامبردج الفلسفية) صباح يـوم الحادي عشر من شهر (تشرين ثـان) نوفمـبر من عـام (1912)، وتم نشـر بحثـه الموسوم (خصائص استطـارة الموجات الكهرومغناطيسيـة القصيرة بواسطة النماذج البلورية للمـواد المختلفة) في عام (1913) في دوريـة (مقدمات جمعية كامـبردج الفلسفية). وإليك ما نقله عـالم الأحياء الجزيئية [ماكس بروت (Max Perutz (1914–2002] حول أهمية اكتشاف وسعة وآفاق تطبيق معادلة (وليم لورنس). في مقالته الموسومة (السير لورنس براك):

(1) الانكستروم: وحدة قياس تبلغ (10) إلى القوة (–8) من المتر أو (10) عشرة نانومترات.(المترجم)

(2) تتحسس العين البشرية للموجات الكهرومغناطيسية (كضوء مرئي) بطول موجي يتراوح بين (380–750 نانومتر) أي بذبذبة تتراوح بين (790–400 تترا هرتز) وأفضل تحسس لها يقع بحدود 555 نانومتر وبذبذبة (540) تترا هرتز (وهو نطاق اللون الأخضر). أما الأشعة السينية فيبلغ طولها الموجي مدى يتراوح بين (10 - 0،01) نانومتر. (المترجم).

((ما التفسير الحقيقي لمعجزة تمكن شاب لا يتجاوز الثانية والعشرين من عمره من وضع التصور العلمي الرياضي والتفسير المنطقي المقبول لتصرف نماذج الاستطارة والتي سبق التبؤ بها من قبل أحد أفذاذ علماء الفيزياء النظرية وهو (ماكس فون لو- Max von Laue) والذي كان أول من اكتشفها منذ إحدى عشرة سنة خلت؟ لقد كان جواب براك نفسه مليئا بالتواضع والحكمة فلم يزد في تفسيره لإنجازه على أن ذلك لم يكن سوى (تضافر موفق لمجموعة من الفرص المواتية)، ولكنك سرعان ما ستقتنع وبمجرد الفراغ من قراءة بحثه بأن الموضوع لابد أن يتجاوز الحظوظ السعيدة والفرص المواتية بل ولابد أن يعزى برمته إلى عبقرية (براك - الإبن) وتفكيره الثاقب الذي استطاع وببراعة مدهشة اختراق التعقيدات الظاهرية التي عادة ما تغلف الظواهر الفيزيائية والنفوذ إلى غور لبها الصافي الذي لابد أن يُبهر ببساطته كل من يوفق بالولوج إليه)).

لقد سبق (لفون لو) في عام (1912) أن تنبأ بضرورة تصرف المستويات البلورية كأشكال بأبعاد ثلاثية تعمل (كمحزز حيود) لاستطارة موجات (أشعة - إكس) المارة خلال المواد التي تحتويها، الأمر الذي سيولد نماذج استطارة مشابهة لما يمكن الحصول عليه من إمرار الضوء المرئي خلال (محزز حيود) بصري. وكان لعبقرية (فون لو) هذا الفضل العظيم بتوفير الأدلة القاطعة حول الطبيعة الكهرومغناطيسية الموجية لأشعة - إكس[1] ومديات أطوالها الموجية، كما كان له سبق توفير الأدلة القاطعة حول الصفات الهندسية الفراغية للبلورات والتي كان لابد بموجبها أن تُرص ذراتها في كيانات متكررة متماثلة ثلاثية الأبعاد.

ولكن من الجدير بالذكر - في المقابل - أن (براك - الإبن) كان أول من استطاع أن يتقدم باشتقاق رياضي سليم للقانون الذي يحكم تصرف تلك الموجات بتلك الصورة وبهذه الدقة، الأمر الذي أهله - إضافة إلى بقية أعماله في هذا الحقل - ليكون أصغر من تسنم منصة استلام (جائزة نوبل) على الإطلاق في العالم وذلك في عام (1914).

(1) والتي كانت قد اكتسبت اسمها اصلا من الغموض الذي كان يلف طبيعتها قبل ذلك. المترجم.

راقب (وليم هنري – الأب) أعمال ولده باهتمام بالغ (لم يخل من الضغينة والحسد والغيرة والكمد!) ولكنه مع ذلك اجتهد حتى استطاع أن يقلب معادلته بحيث يمكن الحصول منها على الأبعاد الحقيقية التي تفصل المستويات البلورية الواحد منها عن الآخر وذلك باستعمال وتسليط إشعاعات كهرومغناطيسية بأطوال موجية معلومة (d) على بلورات بعينها، كما طور أعماله حتى استطاع اختراع مطياف خاص (بأشعة–إكس) تمكن بواسطته من تحديد الأشكال البلورية والمواضع الدقيقة للذرات المكونة لمستويات العديد من المواد البلورية المعروفة آنذاك. إن ملخص ما توصل إليه الاثنان كان حقيقة وجوب وجود العديد من الانعكاسات الثانوية الإضافية المتأتية من ارتداد الأشعة الكهرومغناطيسية النافذة عن العديد من الأسطح والمستويات الذرية في أعماق البلورة خلافا لما كان يعتقد سابقا بأن انعكاس طاقة (أشعة – إكس) عن أي بلورة كان لا يتعدى حقيقة انعكاسه أو انعكاس جزء صغير منه من على سطح الطبقة البلورية الأولى منه فقط. أما طبيعة تصرف تلك الموجات المنعكسة عن المستويات الثانوية والثالثية وكونها تخضع لتداخل بناء أو هدام (الأمر الذي يزيد من شدة لمعانها أو يحد منه) فيعتمد كلية على المسار الفاصل بين الأسطح الذرية المكونة لمستويات نظامها البلوري ومقدار الطول الموجي للأشعة الساقطة عليها.

كتب (وليم لورنس – الابن) مقالا لتفسير مشاهدات (فون لو) نشر بتاريخ كانون ثاني (ديسمبر) من عام (1912) في مجلة (Nature) الشهيرة جاء فيه:

((بالإمكان تفسير ظهور البقع البراقة في مشاهدات (فون لو) والتي بينها في رسوماته للبلورات التي درسها بأنها عبارة عن أماكن الانعكاسات الجزيئية لأشعة الضوء الساقطة على المستويات المتوازية للكيان البلوري والتي تشكل مواقع تموضع مراكز الذرات المكونة لها، والتي لها الفضل في فصل الموجات الكهرومغناطيسية (الضوئية أو أشعة – إكس) المنعكسة عنها إلى مكونيها وهما مستوى الأمواج الكهربائية المتعامد على مستوى الأمواج المغناطيسية والمتعامدان بدورهما على خط انتشارهما معا. وما هذا إلا أسلوب آخر لتفسير تصرف الاستطارة التي تمتاز به تلك البلورات، وما على

الباحث الجاد سوى تسليط أشعة- إكس المتولدة من أحد مصابيحها ولدقائق معدودة على أي من البلورات المعروفة ليدرك معنى ما ذهبت إليه)).

اجتهـد (وليم هنري - الأب) خلال الحرب العالميـة الأولى وعمل جاهدا لاختراع جهاز الرادار المائي لقياس هدير وتحديد صدى محركات الغواصات الألمانية والذي مكن الحلفاء من وضع الاستراتيجية اللازمة لمقاومتها لأنها كانت قد استطاعت فعلا إنهاك الأسطول البريطاني بمهاجمتـه واصطياد وتدمير قطعه من الأعماق، واستمـر اهتمامه بذلك إلى ما بعدها. عمل أيضا على تاسيس المدرسة العليا لأبحاث ودراسات التصوير البلوري في جامعة (كلية لندن) كمـا دأب على استنباط السبـق والأساليب المبتكرة لغرض إيصال العلـوم وتبسيط إنجازاتها وتوضيـح أهميتها للعمـوم، ومما تفتق عنه ذهنه وأكسبه شهرة ذائعـة هي مواصلته على إلقاء محاضرته السنوية للأطفال خلال إجازة أعياد الميلاد.

ولد (وليم لورنس - الابن) في مدينة (ادليدا - Adelaide) جنوب أستراليا ونشأ كطفل امتاز بمنتهى الهدوء وشابه أباه في ولعه الشديد بالرياضيات ولكنه امتاز عنه بممارسة الهوايات الانفراديـة كهواية جمع القواقع، وبمـا امتاز به من ذهن متفتح ونباهـة شديدة ودقة ملاحظة فلقـد استطاع أن يكتشف نوعـا جديدا مـن [Cuttlefish (a squidlike creature] والذي أطلق عليه اسم (Sepia Braggi) تقديرا له، ورغم هدوئه الظاهر إلا أنه أبدى بعض الشطحـات في طفولته منها حادثة سقوطه عن دراجتـه ذات العجلات الثلاث، ولما يتجاوز الخامسـة من عمره حين كسرت ذراعه، ولقد شكلت هـذه الحادثة مناسبة طيبة لوالده مكنته من أن يجرب عليه مفعول الأشعة الجديدة المجهولة والغريبة والتي سبق اكتشافها من قبل العالم رونتجـن (Roentgen) منذ وقت قصير، فصور ذراعـه المكسورة بواسطتها وبذلك دخل ذراع (وليم لورنس - الابن) التاريخ كأول استعمال سريري لتشخيص حالة طبية في أستراليا.

لقـد أظهر الابن عند دخوله المدرسة ميلا فطريـا لدراسة الرياضيات والنبوغ فيها - كأبيه! مـرت السنـون وتعاقب الليل والنهـار حتى جاء عـام (1909) حين رحل (بـراك - الابن) إلى بريطانيـا لإكمـال تعليمـه في (كليـة ترنيتـي - Trinity College) في (كمـبردج -

Cambridge) حيث حصل على منحة دراسية كبيرة لدراسة الرياضيات بعد أدائه امتحان المفاضلة واجتيازه على أتم وجه رغم إصابته بذات الرئة واضطراره على الإجابة عن أسئلة الامتحان وهو طريح الفراش. آنس والده فيه الألمعية وانفتاح الذهن ورجاحة التفكير فناقش معه خلال عطلة صيف عام (1912) أفكاره وآراءه حول طبيعة الأشعة السينية (أشعة – إكس) وصفات استطارتها واستطاع أن يصمم معه بضع تجارب مهمة ساعدت في تعميق فهم الابن لآراء وأفكار أبيه حول هذه الظاهرة الأمر الذي مكنه فيما بعد من وضع ونشر معادلته الشهيرة (معادلة براك) والتي تفسر التصرف الزاوي لارتداد موجات (أشعة – إكس) بعد سقوطها على أسطح البلورات. وكما سبق توضيحه فإن كافة التجارب والتصاميم المختبرية والتي استعملت فيها تلك المعادلة كانت تخص الأشعة السينية وتصرفاتها، إلا أن الواقع التجريبي أثبت صحة استخدامها لتفسير تصرفات كافة الموجات الكهرومغناطيسية الأخرى في تعاملها مع البلورات المختلفة. صمم الوالد (المطياف) الخاص بالأشعة السينية الأمر الذي مكنهما من تحديد وقياس أطوالها وسهل لهما مهمة الاعتكاف على دراستها بدقة معاً.

ومن محاسن الأقدار أن تربط الاهتمامات العلمية بين الوالد وابنه خصوصا وقد أثبت الواقع تشابه الميول وتقارب الأمزجة حول مجمل الأفكار التي دارت حول مشروع دراستهما للأشعة السينية واستخداماتها لاكتشاف الأنظمة البلورية للمواد، فقد عكف الاثنان على قضاء إجازتهما معا واستنباط كل ما من شأنه تطوير بحوثهما نحو تصور أفضل للبنية البلورية للعديد من المواد ومن بينها الماس. ولابد من الإشارة هنا إلى أن تقارب مشارب الرجلين وأفكارهما وحتى تجاربهما كان قد قاد البعض إلى الاعتقاد بأن (وليم هنري – الأب) كان هو الذي أوقد جذوة الاهتمام بالبحوث التي أدت إلى وضع (معادلة براك – عنوان هذا الفصل من الكتاب) الأمر الذي سبب الكثير من الحرج والإنزعاج لـ (وليم لورنس – الابن)، تجسدت بشيء من الضغينة وسوء الفهم بين الرجلين الأمر الذي سرعان ما ترك موقعه الأليم في قلب الابن على أبيه، وفي قلب الأب على ابنه على الأخص حيث لاحظ الأب شعور الفرح الغامر والاعتزاز الكامل اللذان غمرا ابنه بعد أن أصبح أول شخص يتم ترشيحه وينال بالفعل (جائزة نوبل) في الفيزياء

ولما يتجاوز الخامسة والعشرين من عمره. ولكن التاريخ كان قد ذكرلنا أيضاً وعلى عكس الرأي السابق الكثير من المشاهدات والأحداث التي كانت تدل وبوضوح على الانسجام التام والاهتمام المشترك بين الرجلين والذي كان في الواقع مصدر سعادة لكليهما معا...

عكف الاثنان خلال السنتين المواليتين، وظافرا جهودهما في مجال تطبيقات الاشعة السينية في حقل بحوث التراكيب البلورية للمواد حتى توجت بنشرهما مشتركين في عام (1915) لكتابهما الشهير (الأشعة السينية والكيان البلوري للمواد).

تزوج الابن عام (1921) من كريمة أحد الأطباء وعاشا بسعادة حتى أنجبا أربعة أطفال، أما الأب فقد حصل خلال الحرب العالمية الأولى على عقد عمل للتعاون مع الجيش البريطاني لأجل تطوير طرق الاستفادة من رصد أصوات مدفعية الأعداء في تعيين بعدها الفاصل في الميدان عن قواتهم الصديقة، وأهم ما شغله (وليم هنري - الأب) من مناصب بعد ذلك كان إدارته للمختبر البريطاني الوطني لبحوث الفيزياء. وفي عام (1914)، ولما وضعت الحرب أوزارها اتفق العالمان على وضع نهاية لجهودهما المشتركة في مجال البحث العلمي، وتعاهدا على مواصلة تخصصهما كل على حدة وذلك بالتركيز والعمل والبحث منفردين كل في جانب مختلف من جوانب دراسة التركيب البلوري للمواد، فعكف (وليم لورنس - الابن) على دراسة المركبات غير العضوية والفلزات وبلورات السلكات على أن ينفرد (وليم هنري - الأب) بدراسة التراكيب البلورية للمواد العضوية. صمد الاتفاق ومرت الأيام حتى انحاز اهتمام الابن بسرعة إلى دراسة المواد العضوية (حقل اهتمام أبيه) بعد أن انتقل هذا الأخير إلى جوار ربه. ولعل مصدر شغف الابن بحقل اختصاص أبيه يعود أصلا إلى التحديات والإثارة التي كانت تشكلها استخدامات الأشعة السينية لوضع التصور البلوري للمواد الحيوية بجزيئاتها العملاقة. ومن دراساته في هذا المجال تمكنه من المشاركة في بحوث تحديد طور العلاقة بين انعكاسات الأشعة السينية من جزيئات مادة (الهيموغلوبين) الناقلة للأوكسجين في جسم الإنسان بعد بلورتها. وأثبت منحاه صحته حينما استطاع (فيما بعد) مجموعة من علماء معهد بريطانيا العظمى الملكي (ومقره لندن) من لعب الأدوار الرئيسية في

وضع شكلي الكيان البلوري لمركبي (الهيموغلوبين والمايو غلوبين) واللذين كانا أول مادتين زلاليتين يتم تحديد شكليهما البلوري باستخدام تقنية تصوير البلورات بواسطة الأشعة السينية.

لعب (وليم لورنس - الابن) دورا فريدا مهماً في مسيرة الإعلان عن اكتشاف التركيب الجزيئي للمادة الوراثية المعروفة باسم (الحمض النووي الثنائي DNA) وذلك من خلال الدعم اللامحدود والإرشاد المخلص الذي وفره شخصيا لكل من [فرانسس كرك Francis Crick (1916-2004)] و[جيمس د. واتسون ولد عام 1928 James D. Watson] واللذين عملا تحت إشرافه في مختبرات (كافندش). وأدرك كذلك أهمية ومسؤولية نشر العلم ولاسيما مبادئه الأساسية لدى طلاب المدارس، فأصر على ضرورة حصولهم، وفي مختلف مراحلهم الدراسية على التعليم العلمي العام بمفهومه الواسع وعدم اختصار أساليب التدريس على مواضع الاختصاص الضيقة والتي سوف لن تمكنهم من التمتع باكتشاف مكامن الروعة والإعجاز فيما يحيط بهم من موجودات. وبناء على ذلك وفي عام (1954) وعندما استلم مهامه كمدير للمعهد الملكي للعلوم (وهو المنصب الذي خلف فيه والده) كان سباقا في تقديم اقتراحاته والعمل بجد على نشر العلوم المبسطة والجذابة بأسلوب شيق على مستوى العامة فشمل المجتمع بكافة طبقاته. كما عمل على استحداث سلسلة من المحاضرات العلمية المشوقة لطلاب المدارس، ولقد أثبت الواقع نجاح فكرته المنقطع النظير والذي انعكس بشكل إقبال الآلاف من أطفال المدارس وبسعادة غامرة على حضور تلك المحاضرات على مر السنين.

عشق (وليم لورنس - الابن) هواية البستنة وشغف بها طوال حياته ولكنه افتقد - حين قرر الانتقال لرئاسة المعهد الملكي في لندن - الحصول على حديقة خاصة مناسبة يمارس فيها هوايته إلى الدرجة التي قرر معها العمل ولبضع ساعات يوميا كبستاني أجير في حدائق من يرغب في ذلك. ولا نتصور مقدار دهشة أحد مالكي القصور حينما علم بشهره (البستاني) الذي يعمل عنده ومركزه العلمي المرموق حينما صرخ أحد ضيوفه بذهول تام حيثما رأى وليم لورنس (العالم الجليل) عاكفا على تهذيب حديقة قصر مضيفه.

كتب بروت (Perutz) في وصف شخصية (وليم لورنس - الابن) ما يلي:

((كثيراً ما يصـعب التعايش والتعامل مع عباقرة العلوم والفنون بالنظر للخصوصية التي غالبا ما تطبع شخصياتهم... ولكن الحياة السعيدة الهانئة والروح المتوازنة المرحة التي رافقت عبقرية (وليم لورنس) الخلاقة، جعلته شخصية فذة من طراز فريد، فإذا ما صادف مرورك أمام بيته فإنك غالبا ما ستلاحظه مهتما بحديقته وأزهارها وبجواره زوجته وأولاده، وأحفاده، يلعبون حوله، أما إذا ما صادف أن جمعتك به فرصة لإنجاز عمل أو لمناقشة بحث فإنك ولاشك سوف تعجب بأسلوبه الرشيق في عرض آخر ما أنتجته حديقته من أزهار عليك وإهدائك أجمل نماذجه قبل الشروع في مناقشة ما جئت لأجله!، ولقد اشتهر بين أقرانه وبين كافة أفراد الجيل الذي عايشه بقابليته الفذة على استخلاص المتعة والبهجة مما يعرضه عليك من علوم.

ولعل في تضافر طاقاته الهائلة واستيعابه الغريب لمختلف العلوم وموهبته الفذة في تبسيطها، إضافة إلى اهتمامه الشديد وولعه بإيصالها إلى مستمعيه برشاقة ووضوح وما تمتع به من لطف المحيا وحسن الطلعة وجمال الخلق وسحر الجاذبية مقرونة باستخدامه الرشيق لتوضيحاته التصويرية وإيماءاته اليدوية، الأثر البالغ في اعتباره أحد أفضل محاضري مواد العلوم الذي شهدهم التاريخ آنئذ وإلى يومنا هذا)).

تضمن نعي كل من اندراد (Andrade) ولونسديل (Lonsdale) (لوليم هنري - الأب) الإشارات الواضحة لأهمية عمل الرجلين وتأثيرهما على مسار العلم فبعد مقدمة مؤثرة استطردا قائلين: لقد وضعت أبحاث وأعمال (وليم هنري براك - الأب) ما بين عامي (1913-1914) اللبنة الأساسية لإيجاد أحد أهم فروع العلوم الفيزيائية التجريبية تأثيرا عليها، ألا وهو علم التحليل ووضع التصورات العالمية لبناء الكيانات البلورية للمواد باستخدام الأشعة السينية. فإذا ما سلمنا بإيجاز فضل اكتشاف مبادئ وأسس فهم التصرف الموجي للأشعة السينية وإماطة اللثام عن خصائصها إلى (فون لو - Von Laue) ومساعدوه، فلابد لنا من التسليم بأن الفضل يعود كاملا (لهنري - الأب وللورنس - الابن) في استخداماتها ووضع الأسس العلمية لتطبيقاتها لإنشاء العلم الخاص بسبر أغوار تراكيب المواد البلورية ووضع مخططاتها.

مصادر إضافية وقراءات أخرى:

Andrade, E. N. C., and K. Lonsdale, "William Henry Bragg, 1862-1942," *Obituary Notices of Fellows of the Royal Society*, 4(12): 276-300, November 1943; Reprinted in P. P. Ewald, *Fifty Years of X-Ray Diffraction* (New York, Springer, 1962); see www.iucr.org/iucr-top/publ/50YearsOfXrayDiffraction/.

Bragg, William Henry, "X-rays and Crystals," *Nature* 90: 219 and 360-361, 1912.

Bragg, William Lawrence, "The Specular Reflection of X-rays," *Nature*, 90: 410, 1912.

Clark, Ronald, *Einstein: The Life and Times* (New York: HarperCollins, 1984).

Bragg, William Henry, *The World of Sound, Six Lectures Delivered before a Juvenile Auditory at the Royal Institution, Christmas, 1919* (London: Bell, 1921).

Forman, Paul, "William Lawrence Bragg," in *Dictionary of Scientific Biography*, Charles Gillispie, editor-in-chief (New York: Charles Scribner's Sons, 1970).

Hunter, G. K., *Light Is a Messenger -the Life and Science of William Lawrence Bragg* (New York: Oxford University Press, 2004).

North, Anthony C. T., "Book Review: *Light Is a Messenger*," *Acta Crystallographica Section A: Foundations of Crystallography*, 61: 262-264, March 2005; see journals.iucr.org/a/issues/2005/02/00/pf0015/pf0015bdy.html

Perutz, M. F., "Sir Lawrence Bragg," in *A Hundred Years and More of Cambridge Physics* (Cambridge, U.K.: Cambridge University Physics Society, 1974; reprinted 1995); see www.phy.cam.ac.uk/cavendish/history/years/bragg.

"Sir William Henry Bragg": see www.nobel-winners.com/Physics/william_henry_bragg.html.

أفكار فلسفية وآراء للمناقشة:

- لا يعيش الرياضــي (مــن الناحية الإبداعية) طويــلا. فمن لم يبدع قبل بلوغه الخامســة والعشرين أو الثلاثين (على أبعد تقدير) منهم، فلن يبدع بعد ذلك أبدا. ومن لم ينجح بوضــع بصــمته عند ذلك العمر فمن النادر أن يضعها فيما بعد.

ادلر

Alfred Adler، (Mathematics and Creativity)، New Yorker Magazine، 1972.

مقتطف من مقالته (الرياضيات والإبداع) في مجلة (النيويوركر).

- لم نكن لنســتطيع التعرف على منطق قوانين الفيزياء واكتشافاتها لولا دقة التنظيم الذي جبلت عليه الأحداث والمشاهدات التي تصفها. ولولا دقة تنظيم تلك القوانين ذاتها لما تمكنا أصلا من اكتشافها.

بومان

Gerd Baumann، Symmetry Analysis of Differential Equations with Mathematics، 2000

مقتطف من كتابه (التحليل التماثلي لمعادلات التفاضل مع الرياضيات).

- هل من المستبعد ألا تكون كافة قوانين الفيزياء التي وضعناها أو التي سنكتشفها لاحقا إلا نسجا محضا من صنع الخيال؟ وأن كل ما نتخيله من نظام فيها ما هو إلا شكل من أشكال الفوضى العامة والاستقلالية المطلقة التي تقود إلى الرتابة في التوقعات؟

بارو

John D. Barrow. The Universe That Discevered Itself

مقتطف من كتابه (الكون الذي اكتشف ذاته).

- لا يمكننا اعتبار قوانين الطبيعة سوى مقاربات وعموميات نصف عن طريقها تصرفاتها. لقد وُجدت (القوانين) أصلا بوجود الظواهر والأحداث ولم يتم (وضعها) من قبل مكتشفيها. فلا يعتبر (القانون) اختراعا وإنما يعتبر اكتشافا لسبب بسيط هو (خلو) قوانين الفيزياء من (إمكانية) تشغيل الكون وإدارته فيدار، وافتقادها (لسلطة) إملائها عليه تصرفاته فيطيع. يقتصر عمل القوانين على (وصف) المشاهدات والأحداث بمعنى أنها لا تفسر حقيقة وإنما تصف واقع ما يحدث، (فيصف) واضعو القوانين الفيزيائية - ونيوتن منهم على سبيل المثال - (قانون الجاذبية) ولا يضعون بالحقيقة (نظرية في الجاذبية). تمتاز النظرية بأنها (اختراع) وليست اكتشاف كما يمتاز القانون بأنه (اكتشاف) وليس اختراع. أما الحقيقة التي ستظل خالدة فهي أنك بوضعك لقانون ما فإنك إنما تضع صيغة معينة لا تمثل إلا تطبيقا محدودا له ومقاربة نسبية يمكن استيعابها ضمن صيغة (أعم) وقانون (أصح) قد يُكتشف فيما بعد وهذا لا يعني أبدا أن الصيغة التقريبية الأولى كانت خاطئة. فلا يمكن اعتبار القيمة المكتوبة لباي (π) 3.14 قيمة خاطئة، ولكننا بالتأكيد يمكننا اعتبارها قيمة أقل دقة (من الناحية الرياضية) لقيمة أخرى له ولتكن على سبيل المثال تساوي (3.14159).

برجمن

William T. Bridgmann. (The Cosmos in Your Pocket, How Cosmological Science Became Earth Technology).

مقتطف من كتابه (الكون في حوزتك).

مبدأ الشك لهيزنبرك

HEISENBERG'S UNCERTAINTY PRINCIPLE

ألمانيا (1927)

: لا يمكن معرفة موقع جسيم ما وتحديد إزاحته بنفس الدقة المطلوبة في عين الوقت، أي أن الإمعان في دقة قياس الموقع، لابد وأن يؤثر سلبا على دقة قياس العزم وبالعكس.

من أحداث عام (1927):

- تمكن المخترع الأمريكي فيلوفرانسورث (Philo Fransworth) من بث أول الصور التلفزيونية التجريبية عبر الأثير.

- تم تأسيس أول أكاديمية لعلوم وفنون الصور المتحركة.

- تأكدت تجريبيا فرضية العالم الفيزيائي الفرنسي لوي دو بروكلي (Louis de Broglie) القائلة بإمكانية اكتساب الجسيمات ما دون الذرية لصفات موجية.

نص القانون وشرحه:

ينص قانون الشك (لهيزنبرك) على استحالة الحصول على القياسات الدقيقة لبعض أزواج القيم الفيزيائية لجسيم واحد. ولعل التمثيل الرياضي الأفضل لهذا المبدأ هو العلاقة بين الموقع (x) والعزم (p) في الفراغ وكما يلي:

$$\Delta x \Delta p \geq \hbar/2$$

حيث Δx تمثل مقدار الشك في قياسات المكان.

و Δp تمثل مقدار الشك في قياسات العزم.

و $\hbar$ هو ثابت بلانك المعدل ويساوي ($h/2\pi$).

وبما أن المتغايرة أعلاه تمثل علاقة عكسية بين كل من (Δx) و (Δp) (وهما قيمتان حقيقيتان حاصل ضربهما ثابت) فمن الواضح أن نفهم بأنه كلما صغرت قيمة (Δx) -

بمعنـى كلمـا أمعنا في دقة قياس موقع جسيم مـا – كلما زادت قيمـة (Δp) بمعنى زيادة قيمة الشك في قياس عزمه، تذكر أن المقصود بعزم جسيم ما هو حاصل ضرب كتلته في إزاحته).

آمـن أكثر العلماء (قبـل اكتشاف مبدأ الشك هذا) بإمكانية زيادة دقـة قياس أي وحدة فيزيائية بمجـرد زيادة كفاءة قياس (الواسطة) أو الآلة التـي يتم بها ذلك القياس وأن أي قصور في ذلك القياس، ما هو – بالحقيقـة– إلا قصور قابل للإصلاح والتحسين في دقة آلة قياسه. ولكن بوضع (هايزنـبرك) لمتغيرته السابقة أثبت بما لا يقبل الشك أنه حتى لو استطعنا صنع آلة القياس (الخيالية) اللامتناهية في قابلية قياسها للقيم الفيزيائية، فإننا سوف نصطدم بحقيقة استحالة قياس موقع وعزم جسيم ما في آن واحد وبالدقة النهائية المبتغاة. وذلك لأن موضوعته تدل بوضوح على أن حاصل ضـرب قيمتـي الشك للحدين (الموقـع والعزم) لابد لهـا أن تساوي أو أن تفـوق القيمة الحقيقية (10المرفوعـة إلى الأس السالب 35 جـول. ثانية) [وهي قيمة نصف ثابـت بلانك المعدل $\hbar$]. ولكن مما يجدر الإشارة إليه هنا: هو أن تأثيرات مبدأ الشك هذا لا تظهر في قياسات الحياة اليومية الاعتيادية وعلى المستوى (الماكروي – الكبير) وإنما تظهر جلية كلما أمعنا في قياس مواقع وعزوم الجسيمات الدقيقة من الفئات الذرية وما دون الذرية، أي على المستوى (المايكروي – الدقيق).

لقـد اعتقد بعض الكتاب (خطأ) بـأن المقصود بمبدأ الشك هذا قد ينطبق عليـه (ذاته) بمعنى أن ابتغـاء الدقـة في قياس موقع جسيم ما قد يؤثر عليه (ويغير) مـن عزمه. ونؤكد هنا أنه لا صحة لمثل هذا الاعتقاد ولا صحة لتفسير (**مبدأ هايزنبرك**) بهذه الصورة، كما نؤكد مرة أخرى على أنه بإمكاننا الإمعان في دقة قياس موقع جسيم ما ولكن النتيجة المتوقعة ستكون فقداننا لدقة قياس عزمه.

ويمكن تأكيـد صحة تطبيق مبدأ الشك هذا على قياسات ثنائية [الطاقة (E) والزمن (t)]، والذي يعبر عنه رياضيا بما يلي

$$\boxed{\Delta E \Delta t \geq \frac{\hbar}{2}}$$

ونعني بـ (ΔE) هنا: مقدار الشك في علمنا بمقدار الطاقة التي يحملها جسيم ما.

وبـ(Δt) : مقدار الشك في علمنا بفرق الزمن اللازم لذلك الجسيم للحصول على تلك الطاقة.

كما ويمكن أن نعني بـ Δt : مقدار الشك في فرق الزمن اللازم لأداء ذلك القياس.

وعلى الرغم من تمكن (هايزنبرك) من ابتكار مبدأ الشك في قياس ثنائيات (المواقع والعزوم) في عـام(1927)، إلا أنـه كان على العالـم أن ينتظـر حتـى عـام (1945) ليتمكن كل مـن العالمين الروسـيين [ليونيـد ماندلشتـم (1879–1944) Leonid Mandelshtam] و [ايكـور تام (1895–1971) Igor Tamm] من إثبـات حقيقة الشك في علاقة ثنائية (الطاقة بالزمن). أما من وجهة نظر العلماء المؤمنين بتفسير (كوبنهاكن) لنظرية ميكانيكا الكم فإن ما يعينه (مبدأ شك هايزنبرك) هنا هو أن كوننا هذا (بما فيه عالمنا الذي نعيش فيه) لا يتمثل بوجود حقيقي ثابت وإنما بوجود احتمالي متغيير مفترض ضمن سلسلة طويلة (وقد تكون لا نهائية) مـن الاحتمالات المتغيرة المفترضة!. وعلى نفس المنوال لا يمكننا التنبؤ قط (ولا حتى بالصورة النظرية) باتجاه سير أحد الجسيمات ما دون الذرية (كالفوتون مثلا) مهما أوغلنا في دقة محاولة ذلك ولا حتى باستعمال آلات القياس الافتراضية اللامتناهية في دقتها.

للفضوليين فقط:

• لعلك تتذكر المسلسل التلفزيوني الشهير (ستارترك Star Track)[1] وقابلية أبطاله على الانتقال عبر الأزمنـة والأمكنة بواسطة (جهاز النقل) المزود (بمصحح هيزنبرك Heisenberg Compensator) والأخير عبارة عن جهاز ملحق بجهاز النقل ليصحح ما يمكن أن يؤول إليـه تحقيـق (مبدأ شك هايزنبرك) من اختلال في دقة قياس الطاقـة والزمان والعزوم والمكان، والذي بدونه ما كان ليمكن التفكير بجهاز النقل هذا حتى ولو من الناحية النظرية البحتة![2]

• وفي علوم الحاسبات يعرف (الهايزنبرك) بأنه عبارة عن زيغ برمجي يختفي حالا أو يغيير قيمته

(1) STAR TREAK – مسلسـل تلفزيوني من بطولة وليم شاتنر (كابتن كيرك) وليونارد نيموي (مستر سبوك) والذي أعجبت به كثيراً في صباي (المترجم).

(2) يعمل (الجهاز الناقل) على ظهر سفينة الفضاء (الانتربرايز) على بعثرة كافة الذرات والجسيمات ما دون الذرية للأشخاص المراد نقلهم عبر الزمان والمكان – بعد قياس مواقعها وعزومها – (بالدقة اللامتناهية المستحيلة واقعيا) والممكنة (خياليا) باستخدام ملحق (مصحح هايزنبرك) وإعادة تشكيلها بشرياً في المكان والزمان المراد لها بلوغه (المترجم).

بمجرد محاولة أي شخص تحديده شكله أو قيمته أو محاولة التعرف عليه أو فصله بصورة أدق.

• وأخيرا لعلك تتمتع- مثلي- بأشهر فكاهة تخص (مبدأ هايزنبرك) والمنشورة على الشبكة العنكبوتية والتي تصور شرطي المرور وهو يوقف (هايزنبرك) ليحرر له مخالفة تجاوز السرعة المقررة على الطريق السريع فيبادر الشرطي بسؤاله (هل تعلم مقدار السرعة الهائلة التي كنت تقود بها سيارتك؟ فيجيب هايزنبرك بدهشة: لا!

ولكنني أعلم بالضبط أين أقف الآن.

أقوال مأثورة:

- لا يختلف اثنان حول حقيقة التسليم باقتصار وجود المعنى الفيزيائي الحقيقي على القيم التي يمكننا قياسها فعلا. بمعنى أننا لو استطعنا اختراع ذلك (المجهر) الخارق والذي سيمكننا من مراقبة الإلكترون دائرا في مداره حول نواة الذرة لأدركنا بذلك (حقيقة) وجوده في مداره ذاك، ولآمنا بحقيقة ومعنى وجود تلك المدارات. ولكن بتمكننا رياضيا ومنطقيا من إثبات استحالة القيام بمثل تلك المراقبة حتى ولو بلغنا الإمكانية التقنية لاختراع وبناء مثل ذلك المجهر العظيم (وهذا هو جوهر ما ينص عليه مبدأ الشك لهايزنبرك!)، لذلك لابد لنا من الاعتراف بأن لا وجود لمثل تلك المدارات بالمفهوم الفيزيائي الدقيق.

هاليدي ورزنك

David Halliday and Robert Resnick. (Physics).

مقتطف من كتابهما (الفيزياء).

- لعلي سأركز أبحاثي وجهودي وتفكيري من أجل إسقاط فكرة المسار المداري للإلكترون حول نواة الذرة وإبدالها بمفهوم أكثر دقة بالنظر لاستحالة إدراكنا لذلك المسار لا من الناحية العملية، ولا من الناحية الرياضية!.

هيزنبرك

Werner Heisenborg. 1925 letter to Wolfgang Pauli. -

من رسالة له إلى صديقه (ولف كانك بولي).

– لي الشرف أن أعترف بتعلمي التفاؤل من (سـومرفيلد Sommerfeld) والرياضـيات في معهد (كوتنكن Gottingen) والفيزياء الحقة من (بور Bohn).

هيزنبرك

Werner Heisenberg، quoted in Laurie M. Brown، (Abraham Pais، and A.B.Pippard، Twentieth Century Physics).

مقتطف من قوله المنقول في كتاب (فيزياء القرن العشرين) للوري براون.

– لا يمكنني اعتبار (مبدأ الشك) فكرة فلسفية محضة نسجها الخيال، بل على العكس من ذلك تماما فإن (لمبدأ هيزنبرك) منتهى الإمكانية للتنبؤ بصـفات الإلكترون وتصرفاته. من المعلوم أن حركة الإلكترونات في انتقالها من مدار إلى آخر.. وبالتالي من مجال طاقة إلى آخر حول النواة لا تتسم في تصرفاتها بالانسيابية والتـدرج وإنمـا دائما بالمفاجأة والآنيـة ولذلك فإنها لا يمكنها تحقيق ذاتهـا إلا إذا أهملت فكرة الدقة في مقـدار الطاقة التـي تمتلكها. إن في التأثير النفقـي (Tunneling Effect) آنـف الذكر يكمن السر في إمكانية حدوث التفاعلات النووية التي تزود الشـمس بطاقتها، كما يكمن فيه أيضاً إمكانية حدوث العديد من التفاعلات الأخرى في الطبيعة أو في المختبر. لقد اسـتطاع العلماء بالفعل فهم والاستفادة من مثل تلك الخواص الغريبة والصـعبة الإدراك في عالمنا الاعتيادي واخضـاعها للتطبيق العملي واستخدام الكثير منها في التطبيقات الإلكترونية الميكروية الدقيقة.

كاسدي

David Cassidy، (Werner Heisenborg and the Uncertainit Principle).

مقتطف من كتابه (وارنر هيزنبرك ومبدأ الشك).

– كلمـا أمعنت بالتفكير في الجانـب الفيزيائي لنظرية شرودنكـر (Schrodinger) محاولا فهما، كلما أدركت صـعوبة إدراك ذلك على الفكر السـليم، فكل ما كتبه حول إمكانية تصور نظريته كان غير صحيح وبعبارة أخرى فإني لا أستطيع أن أصف نظريته إلا بالسخافة.

هيزنبرك

Werner Heisenberg، 1929 letter to Wolfgaug Pauli

من رسالة له إلى صديقه (ولف كانك بولي).

- في ذات ليلة مقمرة حالمة أخذني زوجي للتمتع بنزهة جميلة على سفوح جبل هاينبرك (Hainberg) جوار مدينة (كوتنكن - Gottingen). لم أتفاجأ ومنذ البداية بتشرب كامل كيانه وفكره بنظرته الوليدة ونظريته الجديدة للمادة والذرة، فلقد كانت ثقته بما توصل إليه عظيمة وإيمانه بمستقبلها يشع كهالة براقة لا يمكن تجاهلها من حوله! قضينا الأمسية بسعادة بالغة، هو يضم يدي بيده وأنا أراه يحاول جهده لتفسيرها وتقريبها لذهني مبينا معجزة التناظر في بناء الكون وشارحا لي دقته وتناغم مكوناته متمنيا من صميم قلبه أن يُمكّنني من رؤية جمال البساطة في معمار الوجود بعينيه التي يراه بها، محاولا جهده إشراكي في شرب كأس (الحقيقة) والانتشاء بها بنفس الروعة التي أدركها بفكرة واستوعبها بذهنه الثاقب. أحببته منذ تلك اللحظة كما لم أحبه من قبل وذابت مشاعري في همسات مشاعره. الحق والحق يقال.. لقد كانت ليلة من ليالي العمر! لقد كانت ليلة لا تنسى!.

السيدة هيزبنرك

Elisabeth Heisenberg، (Inner Exile)

من كتابها (الإفصاح عن المكنون).

ملخص لسيرة حياة المكتشف:

[ورنر كارل هيزنبرك (Werner Karl Heisenberg(1901-1976)] فيزيائي ألماني اشتهر بإيجاده لأسس ميكانيكا الكم ومبدأ الشك المعروف باسمه. ولد في مدينة ورزبرك (Wurzburg) بألمانيا لأب اعتنق المذهب اللوثري الانجليكاني الكاثولوكي[1] واشتغل كمدرس للغات الكلاسيكية القديمة. أدار الأب عائلته بأسلوب تسلطي ديني صارم، إلا أنه اعترف سرا فيما بعد وكذلك زوجته بعدم تدينهما أو إيمانهما بأي قوى (ما فوق الطبيعة) تدير الكون وبأنهما مارسا القيم والتعاليم المسيحية كأسلوب حياة ليس إلا.

برع (هيزنبرك) خلال سنين دراسته الابتدائية والإعدادية بالعديد من المواد والمواضيع وعلى رأسها الرياضيات والفيزياء والدين واستطاع أن يحصل دائما على المعدلات الممتازة في

(1) وهو المذهب الكاثولوكي بتعاليمه المنتقاة حسب ما جاء به القيسي لوثر في القرن السادس عشر ويلخص بثلاث نقاط أساسية هي: -1 الله مصدر الرحمة 2 - المسيح هو المخلص -3 الكتاب المقدس هو دستور التعاليم. (المترجم).

جميع مراحله التعليمية. لقد وصفه أحد أساتذته بأنه (**التلميذ الذي يمتلك الذكاء المتوقد والذهن المتفتح مع ميول بينة نحو المواضيع العلمية والمنطقية، وبدرجة أكثر من ميوله نحو المواضيع اللاهوتية والدينية والماورائية**). مارس (هيزنبرك) الشطرنج وبرع فيه كما بحث عن، وقرأ العديد من كتب الرياضيات وحاول أن يثبت نظرية (فرمات – Fermat)[1] بعد انتهائه من دراسة أحد الكتب المتقدمة في نظرية الأرقام، كما استثمر قابلياته الذهنية في فهم الرياضيات والتمتع بها لتعليم نفسه موضوع حساب التفاضل والتكامل ذاتيا حيث برع وأبدع بهما بعد أن طلب منه والداه الإشراف على تدريسهما لإحدى طالبات الكلية في قسم الرياضيات ومساعدتها لاجتياز امتحانها النهائي فيهما. كان والده، وكما أسلفنا أستاذا قاسيا شديد المراس أبدى الكثير من القلق لملاحظته ولده وقد انجرف في دراسة الرياضيات وشغف بمواضيعها وخشي عليه من التكاسل وإهمال دراساته اللاتينية واللاهوتية المقررة عليه، فعمد إلى شراء العديد من كتب الرياضيات القديمة والمكتوبة باللغة اللاتينية وأهداها لولده علّه ينحاز بقراءتها إلى اللغة (الأثيرة) فيضرب بذلك الأب عصفورين بحجر!

شرع (هيزنبرك) في عام (1920) مع زميله [ولفكانك باولي – Wolfgaug Pauli (1900–1958)] بدراسة الفيزياء النظرية تحت إشراف مدرسهما المشترك (ارنولد سومرفلد – Arnold Sommerfeld) في جامعة (ميونخ). أما عن دراسته وحياته في تلك الحقبة فقد كتب (هيزنبرك) في كتابه الموسوم (الفيزياء وما بعدها – آراء وأحاديث) ما يلي:

---

(1) هو [بيير فرمات Pierre de Fermat (1601-1665)]، محام فرنسي في برلمان مدينة تولوز (Toulouse) وهاوٍ للرياضيات يعود له فضل ابتكار حساب التفاضل والتكامل، كما ينسب إليه ابتكاره لطريقة حساب النهاية الكبرى والصغرى لمعامل ص في (س، ص) للمنحنيات. وهو ما يعرف اليوم بحساب التفاضل، كما بحث في نظرية الأرقام وكانت له مشاركاته في (الهندسة التحليلية) و (الاحتمالات) و (علوم البصريات)، وخير ما عرف به هو (نظريته الأخيرة – – Fermat's Last Theorem) والتي تنص على أن في $[a^n+b^n=c^n]$ لابد أن يكون $(n > 2)$ اذا $(a،b،c \not< 0)$. وقد ذكرها على حاشية نسخته من كتاب (دايو فانتس ارثمتكا – Diophantus Arthmetica)، هذا وله العديد من النظريات الأخرى التي عرفت باسمه (كالنظرية الصغيرة) ونظريته (الحاصل جمع مربعين،) ونظريته في (النقاط الثابتة) والمبدأ المعروف باسمه ونظريته في (أعداد المضلعات). (المترجم).

((لعلي أدرك الآن – ولا أبالغ إن قلت – إن السنتين الأوليين اللتين كنت قد قضيتهما في (جامعة كمبردج) كانتا موزعتين بين عالمين مختلفين بل بين حياتين متناقضتين، حياة كنت أعيشها بكل تفاصيلها مع أصدقائي من التلاميذ الشباب في (حركة الشبيبة)، وحياة النسك العلمي المتفرد في مملكتي المجردة للفيزياء النظرية. لقد شدني كلا العالمين إليه واستمتعت أشد الاستمتاع بهما وبما ملأهما من فعاليات مكثفة وأنشطة جذابة (رغم تناقضها!) إلى الحد الذي أوصلني معه إلى حالة من النشاط والتهيج والانبهار المستمرين، كانت تزداد حدة «ودهشة» وإثارة كلما شعرت بشدة الضغط وبصعوبة الانتقال من أحد ذلك العالمين إلى الآخر!)).

لقد كانت لحادثة حصوله على إجازة الدكتوراة قصة غريبة حقا لا تقل في غرابتها عن سيرة حياة هذا الفيزيائي الفذ، فلقد أنجز (هيزنبرك) وبفضل عبقريته في الرياضيات أطروحته التي قبلت عام (1923) تحت عنوان (حول الاستقرار والدوران في جريان الموائع) بثلاث سنوات فقط بدل أربع ولم تتجاوز عدد صفحاتها الـ (59) ورقة، وكانت عبارة عن مجموعة معقدة من الحسابات الدقيقة تركزت حول تحليل التحديات التي جابهت العلماء في فهم الطبيعة الدقيقة لتحول الموائع في جريانها من حالتها المنتظمة والمسمات (بالجريان الطبقي المنتظم – Lammilar Flow) إلى حالة (الدوران وتكوين التيارات الدائرية والدوامات – Turbulent Flow). لقد كان حل مثل ذلك التحدي صعبا جدا من الناحية الرياضية والفنية إلى الدرجة التي جعلت أستاذه (سومرفلد) يقر بأنه: (**لم يكن ليقترح موضوعا بمثل تلك الصعوبة الرياضية والدقة التقنية على أي من تلامذته الآخرين خصوصا إذا كان موضوعا لنيل شهادة الدكتوراه**).

ولعل في تطرف (هيزنبرك) وميله الشديد وولعه البالغ بالجانب النظري وتفضيله إياه دائما على الجانب العملي مثل آخر على سلبية فقدانه للتوازن بين أفكاره النظرية والدراسة التطبيقية العملية الضرورية لإثبات الأفكار والنظريات في مواضيع الفيزياء، فلقد أوشك منحاه ذاك أن يؤدي به إلى النهاية المدمرة لمستقبله العلمي والوظيفي وبصورة مأساوية. كان

ذلك في عام (1923) عندما تقدم بطلب الاعتراف وتعضيد أطروحته إلى أربعة من كبار أساتذة الفيزياء آنذاك. يصف بيتر مور (Peter Moore) في كتابه (E = mc2: الأفكار العظيمة التي شكلت العالم) المعضلة التي مر بها (هيزنبرك) وما أذكته أطروحته من صراع بين أساتذته بما يلي:

((عند مناقشة أطروحته سأله أستاذه (سومرفلد) بضعة أسئلة في مجال الرياضيات النظرية والتي أجاب عنها بسهولة ويسر، أما - ولهلم وين (Wilhelm Wein) - راجع قانون إزاحة وين صفحة (839) - فقد أظهر في أسئلته اهتماما أكبر بنواحي الفيزياء العملية وأشار بأن (هيزنبرك) كان قد تمكن من التعبير بفهم وإدراك عن تفاصيل التجارب العملية وإن كان عليه مأخذ عدم القيام بها. ولكن الحقيقة التي أوشكت أن تعلن النتيجة بها كانت عكس ما كان يتوقعه الجميع فلم تمر قضية منحه شهادة الدكتوراه بسلام، إذ كثر اللغط واحتدم النقاش بين (سومرفلد) و (وين) حين أراد الأول أن يمنحه الشهادة بأعلى مقادير الشرف وبأزهى آيات التبريكات بينما أصر الآخر على رسوبه في مسعاه!. واستمر الصراع دائرا والآراء متضاربة لفترة غير قصيرة من الزمن - حبس الجميع أنفاسهم خلالها - حتى انتهت ثورة النقاش والجدل باتفاق الأستاذان على الحل الوسط وهو أن يمنح هيزنبرك شهادة الدكتوراه ولكن بأدنى درجات النجاح!)).

صاحب (هيزنبرك) رفيق دراسته (بولي) إلى جامعة (كوتنكن) حيث تتلمذ الاثنان على يد الفيزيائي الألماني [ماكس بورن (1882-1970) Max Born] وانتقل بعدها عام (1924) إلى معهد الفيزياء النظرية في (كوبنهاكن) ليتتلمذ على يد الفيزيائي الدنماركي البارع [نيلز بور (1885-1962) Niels Bohr] وهناك قابل ولأول مرة الفيزيائي العالمي المعروف (البرت اينشتين). ولم يُقبل عام (1925) حتى كان (هيزنبرك) قد توصل إلى ألمع فكرة عبقرية في مجال ميكانيكا الكم ونظرية الذرة، تلك الفكرة التي اعتبرت فتحا مبينا في تينك المجالين. ووصف كل من دافيد كاسيدي (David Cossidy) من جامعة هوفسترا

(Hofstra) والمعهد الأمريكي للفيزياء ما توصل إليه هايزنبرك في الصفحة المسماة باسمه على الشبكة العنكبوتية بما يلي:

((بما أنه لم نتمكن ولحد الآن من الملاحظة الحقيقية لا لدوران الإلكترونات في مداراتها ولا رؤية تلك المدارات (وربما لن نتمكن من ذلك وإلى الأبد) فإن العبقرية الفريدة (لهيزنبرك) كانت قد تفتقت عن فكرة ابتكار نظرية لميكانيكا الكم بدونهما، واعتمد في ذلك بدلا عنهما على ما يمكن ملاحظته وقياسه: أي اعتمد على الضوء الممتص والمنبعث من الذرات المعرضة له. وكان الجواب جاهزا بحلول شهر تموز (يوليو) من عام (1925) حين سلم (هيزنبرك) استاذه ماكس بورن (لوصفته السحرية) الحاوية على الاشتقاق النظري والحل المنشود لأكبر معضلة في تاريخ الفيزياء آنذاك قبل أن يغادر متمتعا بإجازة لمدة شهر يقضيها في رحلة...)).

احتار الأستاذ (بورن) في فهم الورقة التي عكف على دراستها ولم يدرك معاني تدرج اشتقاقاتها إلا بعد أن استوعب طبيعتها وفهم علاقاتها الرياضية بمجاميع الأرقام المعروفة باسم (المصفوفات). كان ابتهاج (بورن) بعبقرية الفكرة التي توصل إليها (هيزنبرك) صاعقا حيث لم يأل جهدا وسارع إلى إرسالها للنشر، فتم بذلك الفتح المبين لولادة ما يعرف اليوم بعلم (ميكانيكا الكم).

استطاع (هيزبنرك) بورقته التي نشرها أستاذه (بورن) في عام (1925) من ابتكار طريقة فذة للتعبير عن فحوى ميكانيكا الكم بدلالة (المصفوفات) وذلك باعتماد مجموعات احتمالية متكونة من كموم حدية بقيم معينة واستخدام تلك الحدود لإنشاء نوع جديد من الجبر الذي سمي بالجبر غير الكمي والذي لا يعترف بمساواة قيمة (ا × ب) لقيمة (ب × ا). واستمرت إبداعاته فتمكن في عام (1926) من نشر بحث مبتكر بمشاركة أستاذه (بورن) والفيزيائي الألماني [باسكال جوردن (1902– 1980) Pascal Jordon] احتوى على التفسير الرياضي لمفهوم (ميكانيكا المصفوفات) والذي تمكن العلماء بواسطته من تفسير الكثير من المصفوفات والأحداث التي أمكن اكتشافها في تصرف الذرة، فبواسطة

هـذا المفهوم يكتسب كل عنصر مـن عناصر المصفوفة معنى مقابـلا لمجموعة الاحتمالات الممكنـة لحالة أو حالات بعينها أو لحالة أو حالات انتقالية فيما بينها. وتمكن (هيزبنرك) من استخـدام استنباطه الجديد (ميكانيكا المصفوفات) لتفسير تصرف طيف ذرة الهيليوم ونجح في ذلك نجاحـاً باهـراً.

علـق تومـاس بورز (Thomas Powers) في كتابـه (حـروب هيزبنرك) بما يلـي:

((لم تـأت الحلول التي اقترحتها (ميكانيكا المصـفوفات) لهيزنبرك إلا بالمشـقة والحزن وتطلبت من العلماء تنازلات ثقيلة صعبة، فخذ على سبيل المثال فكرة تخليك عن فكرة المدارات الجذابة والواضـحة حول نواة الذرة والتي لم تترك صديقه بولي (Pauli) إلا وقد عصـفت به الحسرات وفاض به الشـجن حتى أوشك على البكاء حزنا حين كتب في عام (1925) واصـفا أسـاه وشـجنه لفقدان نموذجـه الذري المحبب: لم لا نشـبّه الإلكـترون بدورانه حول نواة الذرة بالقمر الذي يدور بمدار ثابت حول الأرض، فإذا كانت الطبيعة قد خلقت لكل كرة مداراً يمكن لجسم آخر تابع لها أن يدور فيه حولها، فلـم جاء (هيزنبرك) وحرم ذراتنا الجميلة من هـذه الميزة وأصر على وجودها لدى كل ما هو قابل للمراقبة وحسـب (مشـيراً بذلك إلى الاسـتنتاج القائل باستحالة - مراقبة - الإلكترونـات في مداراتها). لقد أربك (هيزنبرك) عـالم الفيزياء حتى الموت في هذه اللحظة التي جاء فيها بما جاء. ولكن وعلى كل حال فإن ما حدث قد حدث وقد أثبت علميـاً، لذلك فإنني أعتبره أكبر من طاقتـي على التحمل وإني لأتمنى بأني لم أسـمع بما سمعت قط، و ﴿... ياليتني متُّ قبل هذا وكنت نسياً منسيا﴾[1].

عين هيزنبرك في عام (1926) محاضرا للفيزياء النظرية في (كوبنهاكن) حيث استمر بالعمل هنـاك جنبـا إلى جنب مع (بور)، كما عـين عام (1927) لإشغال منصـب كرسي الأستاذية في جامعـة لايـزك (Leipzig). وأخيرا منح في عام (1932) جائـزة نوبل للفيزياء لتقديمه

(1) سورة مريم. الآية 23.(المترجم).

الوصف المقنع لميكانيكا الكم باستعمال طريقة حساب المصفوفات حيث ألقى البروفيسور هيننك بلبجل (Henning Pleijel) رئيس هيئة منح (جائزة نوبل) ورئيس لجنة الفيزياء في الأكاديمية السويدية الملكية للعلوم خطابه في حفل تسليم الجائزة كما رآها من زاوية ميكانيكا الكم، وقد جاء فيه:

((لقد فاقنا (هيزنبرك) منذ البداية ببعد نظره وسعة أفق تفكيره فهو لم ينجرف مثلنا مع حصر قيم المدارات والإلكترونات في الذرات والجزيئات (بأرقام محددة) وإنما امتد ذهنه ليشملها (بمجاميع قيم محددة). لقد قمت شخصيا بتطبيق حساباته وامتحنت تكهناته وفق ما جاءت به ميكانيكا الكم على تجاربي الخاصة حول صفات أطياف الذرات والجزيئات (ولا أدعي أني كنت الوحيد في ذلك بل شاركني العديد من الزملاء بمثل تلك التجارب) واتفقنا جميعا على حقيقة توافق كافة نتائجنا المختبرية مع ما تنبأت به نظريته)).

لقد شكلت نظرية ميكانيكا الكم التي اكتشفها (هيزنبرك) في عام (1927) حجر الزاوية في شهرة وحياة هذا الفيزيائي الفذ وصارت خير إنجاز عُرف به منذ ذاك. وقد لا يهم الكم ولا ميكانيكياته ولا نظريته (شأنها كشأن غيرها من النظريات الفيزيائية والآراء الدقيقة) غير المختص فعلا فضلا عن جذبها لاهتمام عموم المجتمع، ولا غرابة في ذلك إذ إنها وحساباتها لا تخص أبدا ما نشعر به ونحياه. وقد لا تمت لحياتنا اليومية الواقعية بأي صلة ولكنها - والحق يقال - تكتسب بعدا استثنائيا وأهمية بالغة متى ما وضعت دراسة الذرة ومكوناتها تحت المحكين العملي والنظري.

ولنحاول الآن تلخيص بعض الأسس التي يقوم عليها (مبدأ الشك) وإعطاؤك مثال أو اثنين من واقع الحياة العملية لجعل تصور (هيزنبرك) لتصرف الذرة - والذي حيّر العلماء والفيزيائيين في يوم من الأيام - في متناول يدك ونطاق تفكيرك لتدرك - عزيزي القارئ - معناه على الأقل إن كنت من الذين يشكّون بأن اطلاعهم على تطبيقاته لما دون مستوى الذرة صعب المنال: ينص مبدأ الشك أصلا على **عدم إمكانية تحديد كل من موقع وعزم جسيم**

بدقـة متناهية في ذات الوقـت – وحتى من الناحية النظرية –. ونشير هنـا إلى أن معظم الفيزيائيين والكتـاب لازالوا متمسكين بتفسير تلك الحقيقة على أنها تعني عدم إمكانية امتلاك جسيم (لموقـع) و (عزم) محددين في ذات الوقت. وعلى رغم وجود الاختلاف بين الفهمين إلا أن ذلـك لا يمكـن أن يؤثر على حياتنا اليومية بطريقة محسوسة أبـدا، وإنما تبرز أهميته جلية بينة لـدى التعامل مع، ودراسة الظواهر والمشاهـدات الذرية وما دونها – نفهم مما سبق أن مبدأ الشـك يتضمن الشك (بمعنى قلـة اليقين) في قياسات المواقع والعـزوم... وللعلوم المختلفة تعريفاتهـا الخاصة للمصطلحات التي قد تختلف عنهـا في العلوم الأخرى، فقد يطلق على هـذا (الشـك) أحيانا مصطلح (الزيـغ) بمعنى الحيود عن كل ما هو مثـالي أو دقيق. ولنأخذ إحـدى تلـك التعاريف المتضمنـة لمعنى العمل علـى أو القيام بسلسلة مـن القياسات المترية (للأبعـاد والمسافات) واستنباط الاستنتاجات النافعة منها، فعلى سبيل المثال دعنا نأخذ حبة فاصوليا اعتيادية ونحـاول قياس قطرها بمسطرة اعتيادية فسنحصل بالطبع على قراءة قياس معينة لقطر تلك الحبة وليكن (8) مليمترات مثلا. ولا أشك باتفاقك معي وبالنظر لمحدودية دقـة مسطرتك التي استخدمتها أنـه بإمكانك الحصول على قياس أدق باستعمال مسطرة أفضـل والتي قد تعطيك رقما مغايـرا قريبا مما سبق الحصول عليـه وليكن (8.5) او (7.5) مليمـترا. والآن إذا تصورنـا (حدود) ما يمكننا عمله – ضمن نطـاق تجربة القياس البسيطة هذه – فلاشك أنك أيضا ستتفق معي على أنه وبقيامنا بمئة قياس لقطر ذات الحبة وباستعمال مختلـف المساطر وأجهزة القياس الأدق منها – فإننا سنحصل على مئة قياس مختلف ولكنها كلهـا سوف تتمحور حول معدل قياس مركزي واحد وسيكون بإمكاننـا التعاون (مساء أحد أيام الإجازة وأثناء احتسائنا لفنجانين لذيذين من القهوة!) والقيام برسم المخطط البياني لكافة القراءات التي توصلنا إليها خلال الأسبوع المنصرم وسنجد (حتما) أنها ستتخذ شكل (المنحنى الطبيعي التام – بشكل الجرس). والذي سيتمحور حول قيمة مركزية واحدة وهي الـ (8) مليمترات. وفي تذبذب نتائج قياس قطر حبة الفاصوليا حول المعدل المتركز في محور المنتصف لمثال بين على (مبدأ الشك) في القياس.

وفـي العـودة إلـى الأمور الأدق تذكـر أن مبدأ الشـك آنف الذكـر قـد يأتــي رياضيا بصيغة

$$\Delta x \, \Delta p \geq \hbar$$

وقد يأتي في بعض كتب الفيزياء المنهجية بشكل مختلف عما سبق ذكره وهو:

$$\Delta x \, \Delta p \geq \hbar/2$$

ولعـل تفسـير ذلك يكمن في الاختـلاف الطفيف في تعريف معنى [الفـرق (Δ)]. فلقد درجت الكتب القديمة نسبيا على تعريف الـ (Δ) على أنها مجموع قياسات الأطوال الشاملة لـ (50%) من الاحتمالات الممكنـة. والآن إليك مثال أعقد قليلا لتطبيقات مبدأ الشك من مثـال حبة الفاصوليا آنف الذكـر: ففي الأمور العلمية المنهجية الملموسـة يتضمن (قانون أو مبـدأ الشـك) حقيقة أن المعنى المستقى مـن أي تفسير لحقيقة علمية معينـة لا يمكن أن يعني إلا جانبـا واحدا فقط (أو زاوية بذاتها) من مجمل التفاسير الممكنة لتلك الحقيقة والتي تقتصر على حـدود التجربة المستخدمة لقياس الجانب المختار أو الجـزء المعين من الحقيقة المقصودة بالاختبـار والنقاش، ولهذه الفكرة تداعيـات واسقاطات مهمة جدا، فإذا صحت (وهذا ما يؤمن به هيزنبرك قطعيا) فذلك يعني أنه علينا أن نسقط من حساباتنا وجود أي معنى أو اعتبار لأي قيمة أو حد أو (حقيقة) فيزيائية لا نتمكن من قياسها فعلا ويؤمن (هيزنبرك) كذلك بعدم قدرتنـا على التنبؤ (بالمستقبل) بالاستناد على حقائـق وقياسات الماضي وذلك لسبب بسيط وهـو استحالـة التنبؤ بمستقبل موقع جزئية واحـدة أو جسيم بالدقـة أو الصحة التي تتطلبها الحقائق الرياضية حتى لو تمكنا من حساب ومعرفة كافة القوة المؤثرة عليها في اللحظة السابقة بمعنـى أننا لا يمكننا أبـدا معرفة (حقيقة) موقع وعزم جسيم معـين بالفعل في لحظة مستقبلية معينـة بذاتهـا من قياس القوى المؤثرة عليه، وخير ما نستطيـع القيام به هو التوصل إلى وضع الاحتمالات الإحصائية للحقيقة المحجوبة عنا.

لقـد تذبذبت حياة هيزنبرك (وكأنه ممثل على خشبة) فقادته إلى السعادة والمرح البالغ تارة كمـا أسلمته إلى مخالب الرعب والخطر المحدق طـورا آخر، فهي لم تخل من المطبات العلمية كمـا سبق وأن شاهدنا في حادثة نيله لشهادة الدكتوراه كمـا لم تكن بمنأى عـن المفاجـآت

السياسية التي أودعته غياهب السجون فذاق من جرائها الأمرين، ففي كتابهم الموسوم (فيزياء القرن العشرين) نقل كل من (لا يوري م. براون - Laurie M. Brown) و (ابراهام بيس - Abraham Pais) و (ا. ب. ببرد - A. B. Pippard) عن هيزنبرك قوله:

(لقد أدركت بعد رحيل العمر ومضي سنواته الطويلة أن الحقبة الواقعة بين عامي (1932 ، 1927) كانت قد شهدت العصر الذهبي للفيزياء الذرية).

كيف لا وقد جاءت أيامها بالحلول المنطقية والمقبولة لأعتى مشاكل الفيزياء ومعضلاتها والتي شغلت بال الفيزيائيين وأقضت مضاجعهم لسنين طوال خلت. أما الآن وبعد أن أزيل هذا الهم الثقيل وانقشع الحمل الوبيل، فقد آن الأوان للتمتع بموسم خير وفير والتمتع بقطف ثمار الأفكار الناضجة الطازجة والتي طال انتظارها. ومن هذه الثمار قيام (هيزنبرك) بنشر كتابه الشهير (الأسس الفيزيائية لنظرية الكم) في عام (1928) والذي كان عبارة عن مقدمة نموذجية للأسس الرياضية التي بُنيت عليها نظريته في ميكانيكا الكم.

وإذا ما عدنا قليلاً (بالزمن) إلى الوراء لاتضح أمامنا جلياً مسار القدر الذي كان يعد (لهيزنبرك) مستقبله ليحمل شعلة فيزياء العصر الحديث. ففي عام (1935) كان قد أصبح من المسلم به أن يتبوأ علامتنا الحصيف المنصب المرموق الذي شغله أستاذه (سومرفلد) لسنوات عديدة في (جامعة ميونخ) من قبل. لم لا وهو الأجدر بهذا المنصب بعد إنجازاته العلمية الفذة فضلا عن كونه التلميذ النجيب لذاك العالم الجليل، فإذا أضفنا إلى كل ما سبق نضوج (الفكرة النازية) وإدراك القادة أن الأوان قد حان لأن يتبوأ الألمان - دون غيرهم - كل المواقع العلمية المرموقة في المجتمع ولاسيما تسنم (الفيزيائيين الألمان) مواقع القيادة في الجامعات والمعاهد بدلا عن (نظرائهم اليهود) بما في ذلك مواقع النسبية ونظرية الكم، لصرنا على قاب قوسين أو أدنى من رؤية المستقبل المشرق والمجد الذي كان ينتظر (هيزنبرك) ويوشك أن يفتح أمامه باب سعده، وهو الذي كان قد جمع الوطنية والعلم في قلب وعقل رجل واحد، ولكن حظه العاثر شاء إلا أن يُلغى أمر تعيينه لذلك المنصب وحرمانه من أي منصب آخر غيره رغم كونه مسيحيا

لا يمت لليهودية بصلة وألمانيا صميما نذر نفسه لخدمة وطنه وأمته. أما السبب في ذلك الإلغاء فظهر جليا بعد فترة من الزمن... وكان يعود لتقرير استخباراتي ألماني وجد طريقه إلى الملفات السرية العسكرية وفحواه: (إن أنسب مكان لوجود الأستاذ هيزنبرك هو في معسكرات الإبادة الجماعية لا على الكراسي والمناصب القيادية في الجامعات).. وأدارت الدنيا ظهرها له فأدرك (هيزنبرك) المعنى الأليم للمثل القائل (إذا أقبلت عليك الدنيا بوجهها منحتك محاسن غيرك وإن أدبرت سلبتك محاسنك) وذاق طعم علقمه المر عندما صدرت إحدى نشرات المخابرات الألمانية والموقعة من قبل رئاستها الشهيرة والمخيفة والمعروفة بالجستابو (SS) وهي تعلن صراحة (بأن هيزنبرك لا يتعدى كونه خائنا شأنه شأن الكثيرين من الخونة الألمان أمثاله والذين لا يعبرون إلا عن الروح العدائية اليهودية الضالة التي لا هم لها سوى نفث سمومها في المجتمع الألماني العتيد لتخريب إنجازاته العظيمة ولمحاولة إطفاء الجذوة الروحية الصافية فيه وعليه، فهم بالحقيقة أحق بالإعدام والإبادة من نظرائهم اليهود). وبناء على ذلك سيق عالمنا إلى غياهب المعتقلات وتنقل بين السجون النازية المرعبة وعانى ما عانى من ويلات التحقيق والتعذيب وما كان ليخرج حياً من تلك المأساة التي حلت به لولا رأفة القدر به حين أعلن عن إخلاء سبيله بتقرير غريب قصير مقتضب مفاده إسقاط تهم الاحتجاز عنه وتبرئته من الخيانة التي وصم بها. كان وقع قرار الإخراج والعفو المفاجئ على نفس (هيزنبرك) مؤثرا مؤلما صاعقا غريبا شابه بغرابته قرار اعتقاله أول مرة!!.

ولك أن تستمر بالاستماع إلى (سمفونية) تراجيديا حياة هذا العبقري (بطبقاتها) المختلفة فتعلم أنه برع كعازف فذ على البيانو أحيا العديد من الحفلات والكونسرتات الرائعة المتميزة والتي لمع نجمه فيها حتى أن نبوغه في الموسيقى وحبه لها كان السبب المباشر في عثوره على حبه الآخر، زوجته اليزابيث شوماخر (Elisabeth Schmacher) والتي كانت فتاة ذكية رائعة الجمال جذابة، صادف وأن حضرت إحدى حفلاته وهي في ربيعها الثاني والعشرين وكان هو حينها قد بلغ الخامسة والثلاثين فأعجبت به وأعجب بها فتواعدا... وبعد بضعة لقاءات مفعمة بالمودة والعاطفة بينهما تقدم لطلب يدها وتزوجها بعد ثلاثة أشهر من لقائهما

الأول في صالة كونسرت البيانو وكان ذلك في عام (1937). حفلت حياتهما بالكثير من الأحداث السعيدة والمفاجآت الجميلة وزينوها معا بسبعة من الأولاد.

ومن الأحداث المهمة في سيرة حياته موضوع ترؤسه لمشروع السلاح النووي الألماني الفاشل خلال سني الحرب العالمية الثانية الأمر الذي أثار الكثير من الجدل والنقاش بين ثلة من مؤرخي العلوم والذين لا زالوا - وإلى هذا اليوم - يشككون بحقيقة الأسباب التي أدت إلى ذلك الفشل ولازالوا يناقشون النظريات التي تعرض وتجادل في ما إذا كان السبب الحقيقي لذلك الفشل يعود إلى قلة التمويل المادي والدعم الرسمي لذلك المشروع؟ أم كان بسبب قلة وفقدان العلماء المؤهلين لمواصلته؟ أم تراه كان فعلا يعود إلى ضعف المهارة العملية من جانب (هايزنبرك) شخصيا؟ ولكن الكثير من المؤرخين والمنصفين لازالوا يجادلون، ومن وجهة نظر مغايرة بأن السبب الحقيقي والجوهري لفشل ذلك المشروع الطموح العملاق كان كامنا في نفس (هيزنبرك) متمثلا بعدم رغبته الصادقة بمنح مثل ذلك السلاح الفتاك في تلك الحقبة التاريخية الحرجة خلال الحرب العالمية الثانية إلى نازيي ألمانيا وتمكينهم من الضغط على زناده. وعلى أية حال فمن المؤكد من مراجعة التاريخ أن الفكر العسكري الاستراتيجي الألماني كان قد حسم أمر تمويل ودعم ذلك المشروع بقرار الاعتماد الفعلي والمستقبلي على سلاح الصواريخ والطائرات النفاثة على حساب تقليل المال المرصود لتطوير أي (جهد عسكري باتجاه إنتاج السلاح النووي).

ومن بين المتناقضات التي لا تنتهي في حياته أيضا تبرز حقيقة انتمائه الشديد وحرصه الأمين على إذكاء الدافع الوطني الألماني ذاتيا وإلى الحد الذي قد يوصف معه بالتطرف القومي الألماني وكان هذا كل ما يبغيه الحلفاء لوصم من يريدون بالنازية والتعصب والعنصرية. ظهر ذلك جليا في خطابه الذي أرسله في عام (1943) إلى العالم الألماني (هندريك كازيمير - Hendrik Casimir) والذي نشره المؤرخ (دان كرزمان - Dan Kurzman) في كتابه (الماء والدم) والذي جاء فيه:

((لا يشك أي قارئ منصف للتاريخ بأن القدر كان قد حسم أمره باختيار ألمانيا لقيادة

أوربا ومن ثم قيادة العالم بأسره. فلا يمكن لأمه أن تصـمد وتثبت وجودها في محيط العالم المتلاطم إذا لم تكن قد أحسـنت (فن القسـوة في القيادة والانضـباط)، أما الديمقراطية والديمقراطيون فلن يتمكنوا أبدا من بناء ما يكفيهم من القوة (بأسلوبهم هذا) ليحكموا أوربا، وبإمعان التفكير بما سبق لن يصـمد لولوج وقيادة المستقبل إلا احتمال القوتين العظيمتين المتصـارعتين في أوربا واللتين لا ثالث لهما لسيادة العالم وهما ألمانيا وروسيا ولا أستطيع الجزم الآن، ولكنني أتكهن بثقة بأن أوربا الموحدة تحت قيادة ألمانيا ستكون وبلاشك أهون الشرين)).

ونقـرأ فيما يلي التقرير السري بحق (هيزنبرك) والـذي كان قد حرره الفيزيائي الأمريكي - ألمـاني الأصل - [صموئيل كود شمـت (1902-1978) - Samuel Goudsmit] والـذي يعـبر فيه عن تحفظـه بشأن تصرفـات هيزنبرك (نازيـة المنحى) والـذي أرسله إلـى (ميشيـل بـيرن - Micheal Perrin) في السابع والعشرين من شهـر آب (أغسطس) من عـام (1948). فض الأخير - وهـو الضابط الأمريكي المسؤول عـن معسكرات الاعتقال الخاصـة بالعلماء الألمان الذين كان لهم ضلع في برنامج ألمانيـا النازية لإنتاج القنبلة الذرية - ذلك الخطاب الذي جاء فيه:

((لا يظهـر لي - بالدلائـل الملموسـة بالطبع - أن لدى هيزنبرك - ولحـد الآن - الرغبة الصادقة في إدانة الأعمال التي قامت بها ألمانيا النازية بصورة علنية. ولعلك تلاحظ (وفي كافة خطاباته) النبرة المدافعة عن ألمانيا وعظمتها بصورة يحاول معها التأثير على مستمعيه دائما بالإشـادة بقوة وامتياز وتفوق العمل العلمي الجماعي الألماني حتى ولو كان تحت القيادة النازية العنصرية، وتراه يصر ويكرر دائما بل ويؤكد على (النية السـلمية) لكل مـا قامت به ألمانيا، وعليّ أن أذكّر هنا أن المقالة الوحيدة التي سـبق وأن قرأتها له والتي ظهرت فيها (وبخجل شديد) الرائحة المقاومة للنازية، كان في خطابه الموجه إلى طلاب جامعـة (كوتنكن) والذي أشـار فيـه إلى (أن لا دخل للعلوم بالديـن ولا بالعرق)، وفي اعتقادي الشخصـي كان على (هيزنبرك) أن يشـدد من لهجته في نقد النازية كأن يشير

على سبيل المثال إلى النزعة التدميرية للدكتاتورية بقيادتها... ولكنه لم يفعل!)).

لقـد كان لمثل هذا التقرير – والذي تفوح منه الرائحة والنكهة الاستخباراتية بوضوح – الأثر البالغ في تقرير مصير (هيزنبرك) كعنصر مضاد للحلفاء المنتصرين، والذي تم القبض عليه فعلا في نهاية الحرب من قبل قواتهم، وتم إيداعه بالفعل في أحد معسكرات الاعتقال مع غيره مـن العلماء الألمـان ولشهور عدة، تلك المعسكرات التي كانـت عبارة عن ثكنات مهجورة حقيرة تقع في ضواحي الريف الإنجليزي، حيث كانوا تحت المراقبة المستمرة بأجهزة تنصت سرية تسجل كل ما يتفوهون به.

وبعد أن لاقى الأمرين في اعتقاله رغم منزلته العلمية المرموقة أطلق سراحه بعد انتهاء الحرب وعـين في عام (1956) مديـرا المعهد (ماكس بلانك للفيزياء والفيزيـاء الفضائية) في جامعة (كوتنكن)، واستمر في هذا المنصب حتى بعد انتقال المعهد إلى ميونخ وحتى تاريخ تقاعده في عام (1970). طويت صفحته فوافاه أجله المحتوم عن عمر قارب الخامسة والسبعين وذلك عام (1976) إثر إصابته بمرض السرطان.

لقـد ألف (هيزنبرك) في حياته العديد من الكتب حول الفيزياء يجدر الإشارة هنا إلى اثنين منهـا تضمنا آراءه حول فلسفة هذا العلم هما (الفيزياء والفلسفة عام 1962) و (الفيزياء وما بعدهـا عـام 1971). ذكر (ديفيد كاسـدي – David Cassidy) الأثـر البين الذي تركه (هيزنبرك) في علم الفيزياء في كتابه الموسوم (ورنر هيزنبرك: مراجعة لحياته وأعماله) ما يلي:

> **((يُصـنف هايزنـبرك في مطـاف الفيزيائيـين العظام أمثـال (نيلز بور) و (بـول ديراك) و (ريتشـارد فاينمـن) الذين أثروا بوضـوح وتركوا بصـماتهم بينة جليـة على فيزياء معاصريهم. لقد كان وبلاشك اللاعب الأساسي في استنباط ميكانيكا الكم كما أنه كان قد شرع فعلاً بوضـع نظرية كمية تفسر الخاصية المغناطيسـية للمواد الحديدية، وأخرى لتفسير نموذج علاقة البروتون بالنيترون داخل النواة وثالثة أسماها النظرية السينية)).**

ونشر خلال حياته ما ينيف على الـ (600) دراسة ما بين ورقة بحث أصيلة ومقالة فلسفية وتوضيحات علمية، هذا وقد كانت جهوده التعليمية والبحثية موجهة إلى العلماء والمختصين،

كما كانت موجهة لغيرهم من عموم الدارسين والمطلعين.

مصادر إضافية وقراءات أخرى:

Brown, Laurie M., Abraham Pais, and A. B. Pippard, *Twentieth Century Physics* (Boca Raton, Fla., CRC Press, 1995).

Cassidy, David C., *Uncertainty: The Life and Science of Werner Heisenberg* (New York: W. H. Freeman & Company, 1991).

Cassidy, David, "Werner Heisenberg: An Overview of His Life and Work," in *100 Years, Werner Heisenberg: Works and Impact*, Dietrich Papenfuß, Dieter Lüst, and Wolfgang P. Schleich, editors (New York: Wiley, 2002).

Cassidy, David C., and the Center for History of Physics of the American Institute of Physics, "Werner Heisenberg and the Uncertainty Principle", see www.aip.org/history/heisenberg/.

Heisenberg, Werner, *Physics and Beyond: Encounters and Conversations* (London: G. Allen & Unwin, 1971).

Kurzman, Dan, *Blood and Water: Sabotaging Hitler's Bomb* (New York: Henry Holt, 1997), 35.

Moore, Pete, *E = mc²: The Great Ideas That Shaped Our World* (New York: Sterling Publishing, 2005).

Powers, Thomas, *Heisenberg's War: The Secret History of the German Bomb* (New York: Da Capo Press, 1993).

Rose, Paul, *Heisenberg and the Nazi Atomic Bomb Project, 1939-1945: A Study in German Culture* (Berkeley, Calif.: University of California Press, 1998).

أفكار فلسفية وآراء للمناقشة:

- لقـد رأى الفلاسـفة وعظام مفكري الأديان في القرن الماضـي دلائل وجـود الخالق (جل وعلا) في التناظـر والتناغـم الكوني، وفي المعادلات الجميلـة الخلابة للفيزياء التقليدية التي تصـف ظواهر الطبيعة كالكهربائية والمغناطيسية وغيرها من حولهم، أنا لا أرى في بساطة النماذج التي توفرها الظواهر الطبيعية المعقدة من حولنا دليل على وجود الإله. أنا أومن أنها ذاتها هي الإله!... فهلا أمعنت التفكير وأصـخت السمع (لنغمات ورشاقة المنحنيات الحسابية وحسب)! ألا تجدها تعزف موسيقاها الخاصة بها؟ أليس في ذلك نفحة من عظمة الخالق (سبحانه)؟ أليس كل ما حولنا ينطق بالروحانية؟!

راب

Panl Rapp، (Get Smart، Controlling Chaos) Omni.

مقتطف من كتاب (كن حكيماً - تنسيق الفوضى).

– يمكننا التسـليم بإمكانيتنا على التعبير عن (كيفية) تصرف الطبيعة بتجريد رياضي سليم. ولكن بأي منطق يمكننا إدراك (كنه) الكون من حولنا. دعني أسـألك بأي منطق يمكن (لقوانين نيوتن) أن تفسر لنا لم تتحرك الأشياء وليس كيف؟

كراوس

Lawrence M. Krauss، Fear of physics.

مقتطف من كتابه (الخوف من الفيزياء).

– لنفرض جدلا أن الكون عبارة عن رقعة عظيمة من رقع الشطرنج، وأن الأحداث فيه حركات لأحجار عليها وما نحن إلا مشاهدين لحدث صادف (ولا نعرف لم وكيف) إن وجدنا لمراقبة الآلة وهي تلعبها. لن نسـتطيع رؤية الآلة ولا قراءة أفكارها بالطبع. ولكننا إذا ما راقبنا تلكم الأحجار تتحرك وتتنقل ولفترة معقولة من الزمن، فلابد لعقولنا أن تلحظ وتفهم شيئاً من قوانين تلك اللعبة. ولكننا بالمقابل قد لا نتمكن أبـدا مـن فهم لم تمت هذه الحركة دون تلك – فضـلا عن معرفة ما يجول بخواطـر تلك الآلات خارجها – وذلك لسـبب بسـيط هو أن التعقيد الذي يلف معرفة (لم) جرت تلك الحركة يفوق بكثير فهم عقولنا المحدود وإمكانياتها. ولذا لابد لنا أن نركز تفكيرنا ونشحذ هممنا لنفهم المزيد والمزيد من قوانين اللعبة، أي لنعرف (الكيف). فإذا ما فهمناها (بعد زمن يظهر لي بعيدا وبعيدا جدا) سنستطيع القول بأننا قد فهمنا اللعبة أي أننا فهمنا الكون.

فينمان

Richard Feynman، Feynman's Lectures on physics.

مقتطف من (محاضراته في الفيزياء).

– لكل نظرية علمية حقل تطبيقاتها المحدد، ولكل نظرية مجالها الخاص الذي تنجح فيه مقارباتها وآخر يفوق قدراتها فتفشل. خذ البناء مثلا: فستكفي (جاذبية غاليليو) لبناء البيوت وسنحتاج (جاذبية نيوتن) فقط لبناء ناطحات السحاب الشاهقة، أما (جاذبية اينشتين) فقد نستخدمها في مناورات سفن الفضاء أو إنزالها على كواكب بعيدة عند الحاجة، ولكننا لا نقوم بذلك إذا كانت (قوانين نيوتن) تفي بالغرض اللازم من حيث دقة العمل وسلامته.

أما سؤالي الحقيقي فهو: هل كان بإمكاننا التوصل إلى فهمنا العميق لما ذهب إليه (اينشتين) بنظريته دون المرور بقرنين من المراقبة والتحليل واكتساب الخبرة تحت مظلة (نيوتن) وما دعت إليه قوانينه التي أوجدها والتي وحدها التي أهلت أذهاننا لفهم طفرة اينشتين؟ أقولها واثقا أن الجواب هو بالنفي.

بركمن

William T. Bridgman، (The Cosmos in your Pocket،
How Cosmological Science Became Earth Technology.

مقتطف من كتابه (الكون في متناولك).

قانون هابل لتمدد الكون

HUBBLE'S LAW OF COSMIC EXPANSION

الولايات المتحدة عام 1929:

تزداد سرعة ابتعاد أي مجرة عن مراقب لها من الأرض كلما ازدادت المسافة التي تفصلها عنه – أي أن للمسافات الفاصلة بين المجرات والسدم الكونية صفه التمدد والتباعد دائما ولهذا فإن الكون في اتساع أزلي.

محاور ذوات علاقة:

تأثير دوبلر (THE DOPPLER EFFECT)[1]، والنظرية النسبية العامة (THE GENERAL THEORY OF RELETIVITY)، وقانون باي – بالو للضغط والرياح (BUYS – BALLOT'S WIND AND PRESSURE LAW).

من أحداث عام (1929):

– نشر الكاتب الأمريكي المعروف ارنست همنغواي (Ernest Hemingway) روايته الشهيرة – وداعا للسلاح.

– انهيار سوق الأسهم الأمريكية الشهير وما تبعه من ركود اقتصادي.

– ظهور العديد من الأغاني الغربية الشهيرة مثل (Singing in the Rain) و (Tiptoe Through The Tulips).

– ظهور واشتهار الشخصية الكرتونية المعروفة (باباي الملاح – Popey The Sailor Man).

– تم عزف وغناء رائعة فرقة [غاي لومباردو (Guy Lombardo)] المعروفة (Auld Lang Syne) لأول مرة.

(1) تأثير دوبلر (The Doppler Effect) – وهي الظاهرة المسماة باسم الفيزيائي النمساوي كرستيان دوبلر (Christian Doppler) الذي وضعها في عام (1842) وتعني التغير الحاصل في تردد موجة لمراقب متحرك نسبة لمصدر الموجة الثابت، أو العكس. (المترجم).

- ولادة القائد الفلسطيني المعروف والحائز على جائزة نوبل للسلام (ياسر عرفات).

نص القانون وشرحه:

وضع الفلكي الأمريكي ادون هابل (Edwin Hubble) في عام (1929) قانون العلاقة الخطية بين إزاحة المجرات والمسافات الفاصلة بينها وهي:

$$\boxed{v = H \cdot D}$$

حيث تمثل v - سرعة الابتعاد أو الإزاحة، وهي سرعة ابتعاد أي مجرة عن مراقب ثابت على الأرض مثلا.

و H - هو ثابت هابل

و D - هي مقدار المسافة الفاصلة بين أي مجرة ومراقب لها على الأرض (أو على أي جرم آخر)، وبعبارة أدق هي مقدار المسافة التي قطعها الضوء في انتقاله من تلك المجرة إلى مراقبها إذا اعتبرناه كنقطة مرجع ثابت.

ويمكننا الآن بعد تطور فهمنا للدراسات والحسابات المتعلقة (بثابت هابل) أن نعتبره مرجعا (لتطور الكون)، بمعنى أن الكون ووفق ما نص عليه القانون لابد وأن يكون قد اتسع وتطور عبر الزمن، ولذلك فإن (H) بالحقيقة تكتب (Ho) والتي تعني بوضوح رياضي مقنع أن (ثابت هابل) هذا هو عبارة عن ثابت يخضع لمتغيرات لابد وأن تكون قد (غيرت) من قيمته عبر الزمن. ولابد هنا من الاستدراك والتأكيد على أنه ظل ثابتا لحقبة طويلة من الزمن - أما قيمته - فتبلغ حسب آخر مقاربة فلكية له (71 كيلومترا في الثانية) لكل ميكابارسك (Megaparsec) و(الميكابارسك) عبارة عن وحدة قياس كونية بالغة العظمة والاتساع تبلغ مقدار المسافة التي يقطعها الضوء في(3) ملايين سنة من سني الأرض، والسنة الضوئية بدورها هي المسافة التي يقطعها الضوء في الفراغ في السنة الواحدة والتي تبلغ حوالي [(9.46) مضروبة × (10 مرفوعة إلى القوة 12)] كيلومتر وتساوي ما يقارب 5.88 ترليون (5.88 مضروبة في 10 مرفوعة إلى القوة 12) ميل. ولاستيعاب المدى الهائل العظيم لمقدار المسافة التي يمثلها (الميكابارسك) الواحد يمكنك أن تتصور أن قطر مجرتنا بكاملها والمسماة

بمجرة (درب التبابة) أو (مجرة الطريق اللبني)[1] لا يتعدى الـ (0.02) - الاثنين بالمئة من الميكابارسك الواحـد! وأن المسافـة الفاصلـة بين مجرتنا آنفة الذكـر وأقرب مجرة لهـا في الكـون والمسماة (المرأة المسلسلـة)[2] لا يتجاوز الـ (0.77) من الميكابارسك. أما حساب المسافات الهائلة بين المجرات فلا تعتمد على قياس المسافات المجردة بينها فقط وإنما تعتمد في الأصل على مقدار الفرق في زيادة الزيغ أو الانحراف البصري الضوئي لطيف اللون الأحمر المسجل ضمن نطاق الطول الموجي للإشعاعات الكهرومغناطيسية القادمة إلى... والمسجلة من قبل المراقب على الأرض مقارنة بذاك المبعوث من قبل المصدر المدروس، ويحدث مثل هذا الزيغ أو الانحراف اللوني الأحمر بسبب سرعة حركة المجرات وهي تبتعد عن مجرتنا بسرع عالية جدا تعود أصلا إلى اتساع الكون ذاته.

وبإمكاننـا اعتبار نموذج تغير الطول الموجي للإشعاعات الكهرومغناطيسية نتيجة للحركة النسبية بين المجرات والأرض مثالا بينا لما يعرف بتأثير دوبلر (Doppler Effect) (راجع الفصـل المخصص لقانون بـاي - بالو للريـاح والضغط ابتداء من صفحـة (769) من هذا الكتـاب لمعلومات أوفر حول هـذا الموضوع)، كما توجد طرق فلكيـة أخرى لقياس سرع المجرات المبتعدة عن الأرض وتقدير نطاق تغيرها.

لا ينطبق (قانون هابل) على التجمعات النجمية المنتظمة في مجرة واحدة والتي تتأثر الواحدة منها بقوة الجاذبية التي تسلطها كافة جاراتها عليها كما تؤثر هي عليهن بهـا. ولهـذا

التفسـير يعود سبب عدم ابتعاد النجوم المكونة لمجرتنا (الطريـق اللبني - او درب التبانة) الواحـدة منها عـن الأخرى بنفس الصورة التـي تبتعد بها المجرات الواحـدة عن الأخرى.

---

(1) The Milky Way - وهي المجرة التي تضم شمسنا ومجموعتها من الكواكب بما فيها كوكب الأرض وتحوي ما بين 200-400 بليون نجم ويبلغ عرضها حوالي 100 ألف سنة ضوئية وسمكها حوالي 10 آلاف سنة ضوئية. واستمدت اسمها من أسطورة إرضاع (هيرا) لهرقل (أو هيراكلس) وإخفاقها في ذلك وتسرب شيء من الحليب خارج فمه من صدرها. وتسمى بدرب التبانة من التشبيه العربي لما يسقط من التبن الذي تحمله عربات الفلاحين الخشبية إلى مواشيهم. كما تسمى (بطريق الطيور) في اللغات التركية والنهر المقدس بالهندوسية والنهر الفضي باليابانية والصينية. (المترجم).

(2) Andromida - اندروميـدا - او NGC 224، M31 - وهـي أقرب المجـرات لمجرتنا ويمكن مشاهدتها بالعين المجردة وتبعـد عنا حوالي 2.5 مليون سنة ضوئية وتحوي على نحـو 250-500 ألف مليون نجم ويبلغ قطرها حوالي 150 ألف سنة ضوئية وهـي بذلـك أكبر من مجرتنا - درب التبانة - أول من ذكرها في مصدر مكتوب هو الفلكي العربي المسلم عبدالرحمن الصوفي سنة 964 للميلاد. (المترجم).

ومـن المفيـد التوضيح هنا أيضا أن هذا القانون قد ينطبق فقـط على مجاميع المجرات والسدم الكونيـة ولا ينطبق على المجرات المكونة لمجموعة واحدة وذلك لنفس السبب السابق وهو أن المجـرات الواقعـة ضمن النطاق الجذبـي المشترك لها كمجموعة تتأثر بـه أكثر من تأثرها بالقـوة المفرقـة لها حسب (قانون هابـل). ولهذا يمكننا القول أيضا بـأن الكتلة الفلكية التي تشمـل مجموعة المجرات المتقاربة ومن ضمنها مجرتنا نحن - بكامل نجومها - وشريكتها في الكتلة النجميـة (المجرة الجارة الأقرب لنا والمسماة بالمـرأة المسلسلة)[1] لا تخضعان لقانون التباعد ولكنهما تتمسكان وتحتفظـان بمواقعهما الثابتة ضمن مجموعتهما المجرية، ولكنهما كمجموعة كاملة تبتعد عن المجاميع الأخرى المنطلقة إلى أعماق الكون السحيقة كما يبتعدون هـم عنها. ولا تمنح حقيقة ملاحظة ابتعاد باقي مجرات الكون عن مجرتنا ومجموعتنا الشمسية وأرضنا أي صفة مميزة لها من المنظور الكوني، فأي مراقب على أي كوكب ضمن أي مجموعة شمسيـة تابعة لأي مجـرة ضمن أي كتلة مجرات سوف يلاحظ ما يلاحظه مثيله على الأرض، وهذا ما تؤكده حقيقة أن الكون بكامل مكوناته وعناصره في اتساع وتوسع دائمين مطردين.

لم يكن يملك العلماء والفلكيون في عـام (1917) التصـور الواضح لطبيعـة وأسلوب تصرف المجـرات كما نعرفها الآن، إلا أن ذلك العام كان قد شهد بداية إدراكهم وتفهمهم لمبدأ تمدد الكون واتساعه وذلك باكتشافهم لحقيقة فلكية كونية تتلخص بخصوصية تمتع اللون الأحمر من ألوان الطيـف الضوئي المرئي الوارد إلى الأرض من المجرات البعيدة بخاصية الجنوح إلى أطـراف طيف ذلك اللون كلما أوغلت المجرة المرصـودة بالابتعاد عن الارض، بمعنى زيادة سرعتهـا النسبيـة عن المراقب الأرضي. فكلما أوغلت المجـرة في البعد، كلما ازدادت سرعة ابتعادهـا النسبية عنهـا. ولقد شكلت هذه الملاحظات تحقيق الخيـوط الأولى لإثبات (نظرية الانفجـار العظيـم The Big Bang Theory) والتي يعزى لها تفسـير بداية نشأة الكون

(1) تحوي مجرتنا المسماة (The Milky Way) الطريق اللبني أو درب التبانة على 200-400 بليون نجم. وتحوي جارتنا مجرة (Andromida) المرأة المسلسلة على 250-500 بليون نجم.

واستمرار تمدد الفضاء منذ حدوثها.

ولابـد لنا من الاستدراك هنا لتوضيح أن حقيقة ابتعاد المجرات عن بعضها البعض وترامي مواقعهـا في غياهـب الكون الفسيح لا يشبـه أبدا نموذج ابتعاد أجـزاء وشظايا قنبلة منفجرة بعضها عن بعض. وإنما يشبه حقيقة ابتعاد النقاط المرسومة بعناية على السطح الخارجي لبالون مطاطي ينفخ باستمرار، بمعنى أن ما يزداد فعلا (حسب تلك النظرية) هو بالحقيقة ليس المسافة الفاصلـة بين المجرات ومجاميعها وإنما هو الفضـاء الشامل الحاوي لها، فلا يهمك – حسب نموذج ابتعاد النقاط المرسومة على سطح البالون المنفوخ – على أي نقطة منها تكون، فالكل في تمدد وابتعاد مستمر منتظم نسبة إلى الكل ولا تتأثر سرعة تمدد حيز فضاء معين عن سرعة أي حيـز آخـر إلا بمقدار ما يتأثر به هذا الفضاء أو ذاك بكمية الجاذبية المسلطة عليه من قبل الكتلة التي تحويه (مرئية كانت أم سوداء لا ترى).

أمـا (ثابت هابـل) فيساعد العلمـاء على النظر بإمعـان ودقة إلى دواخل الكـون وأغواره ويمهـد لفهم وتوقـع تصرفاته لأنه يحـوي ضمنيا وفعليـا السجل الزمني له، بمعنـى أنه يوفر الأسلوب الأمثل لقياس مقدار (تمدد) الزمن منذ لحظة (الانفجار العظيم)[1] فعمر تمدد الكون يسـاوي مقلوب ثابـت هابل لحقبة زمنية محددة فـإذا كان ($H = 71$ كيلومتر في الثانية لكل ميكابارسك) فهذا يعنـي أن عمر الكون الاتساعي (وهو العمر الزمني المفترض له منذ بداية شروعه بالاتساع – أي منذ لحظة حدوث الانفجار العظيم – سيبلغ 13.7 بليون سنة، ولكن هذا العمر الاتساعي المفترض للكون لا يعني ولا يعكس إلا حقيقة العمر المتأتي من الاتساع والتمدد المنتظم له غافلا أي تعجيل أو تقليل قد يطرأ أو يتدخل في انسيابية ذلك التمدد. فإذا ما فرضنا احتمالية تمدد الكون (بتعجيل[2] – مهما كان) وهذا ما توصلت إليه أكثر الدراسات

(1) إن في النظر إلى أعماق الكون والإيغال في البحث عن المجرات متناهية البعد عنا ما يمكن تشبيه بمن يقرأ في كتاب تاريخ الكون معكوساً منذ نهايته رجوعا إلى الخلف على أمل إدراك بدايته، إن استطاع لذلك سبيلا!. (المترجم).

(2) التعجيـل Acceleretion – يعرف التعجيـل في الفيزياء وعلى الأصح في علم الحركة Kinematics بأنه مقدار التغير في الإزاحة بمرور الزمن. وفي علم الميكانيك الكلاسيكي فإن التعجيل = القوة مقسومة على الكتلة (المترجم).

والحسابات العلمية الفلكية المرموقة والمقترحة من قبل أكثر العلماء اليوم، فلابد أن يكون عمر الكـون المفترض المقترح أكبر بكثير مما سبق تقديره على أساس افتراضه مساويا لمقلوب ثابت هابل (1 / H) الثابت سابقا. ولهذا تحدث علماء الفلك ومنذ فترة غير قصيرة عن (ثابت هابل المتغير) والذي سبق الإشارة إليه ويرمز له بـ (Ho).

تمكـن (هابل) من إيجـاد العلاقة التي تحمل اسمـه في عام (1929)، وهـي العلاقة التي تحكـم المسافة الفاصلـة بين الأرض وأي مجـرة بدلالة مقدار زيغ اللـون الأحمر لها وذلك برسمه لمعلوماته المستقاة من دراسة (46) مجرة على شكل خط مستقيم، ولقد أمكن حساب (ثابـت هابل) بمقدار تقريبـي بلغ (500) متر بالثانية لكل ميكابارسـك من المسافة الكونية الفاصلـة بين المجرات، أما القيمـة العملية التي نستخدمها اليوم لهـذا الثابت في حساباتنا الفلكيـة فأقل بكثير ممـا سبق حسابه وذلك بعد اكتشاف وتعديـل وإصلاح الكثير والعديد من مصادر الخطأ التي سبق وأن رافقت إجراء القياسات الفلكية لأول مرة والتي تم الاعتماد عليهـا لوضعه. أما سبب ذلك فيعود إلى حقيقة أن الكثير من النقاط التي استخدمها (هابل) أول مـرة لرسم مستقيم سرع تقهقر مجراته الـ (46) واستنتاجه اعتمادا عليها للعلاقة الخطية (الواضحـة) بينها كانت قد عانت من زيغ كبير غفل هو عنه، أما سبب ذلك الزيغ فقد عزاه العلمـاء – فيما بعد – لوجود حركة إضافية (متبقية) امتازت بها المجرات المدروسة، إضافة إلى حركتهـا وسرعتها الناتجة عن التمدد (الطبيعي للكـون). لقد نشـر الفلكـي الأمريكـي [آلان سانـداك المولـود عـام Allan Sandage- 1926] قيمته المصححـة المحسوبـة لثابـت هابـل النسـبي (Ho) عـــام (1958) بمقـــدار (75 كلم/ثا/ميكابارسك) كما أشرت إلى ذلك سابقا.

هذا وقد تمكن الفلكيـون والباحثـون في بداية التسعينـات وباستعمـال مرقاب (هابل)[1]

---

(1) مرقـاب هابـل - Hubble Telescope -- المرقاب الفضائي الوحيد الذي صمم ليصان من قبل ملاحي الفضاء في موضعه في الفضـاء الخارجي دوريـاً. لن يخلفه وسيفوقه ولكن بعد عـام 2014 مرقاب جيمس ويل الفضائـي JWST-James Well Space Telescope الذي سيعمل بالأشعة تحت الحمراء. (المترجم).

مـن دراسة (متغيرات سيفيـد - Cepheid Variables) وهي عبارة عن نجوم تملك قابلية بعث نبضات خارقة من الموجات الكهرومغناطيسية أمكن اعتبارها دلالة علمية معتمدة على مقدار لمعانها الداخلي (والذي يعني فلكيا مقدار الطاقة التي تحتويها بدلالة الطاقة التي تشعها) ومـن ثـم استعمال ذلك كدلالـة لقياس مقـدار زيغهـا اللوني الأحمر والـذي يمدد بدوره مسافاتهـا التي تفصلها وسرعاتها التـي تبتعد بها عنها، فبالاستنـاد إلى المعلومـات الدقيقـة المستقـاة مـن دراسة تلك الأنواع مـن النجوم وتحديد مواقعها ضمـن (31) مجرة مختلفة في أرجـاء الكون المحيط بالأرض، تمكن الدارسون والفلكيون مـن إعادة حساب مقدار ثابت (هابل) النسبي (Ho) وبدرجة دقة تقترب من (10 %)، وباستعمال هذه القيمة الحديثة لذاك الثابت وبحسابات أدق لتأثيرات الأشعة الكونية الميكروية والتي تمثل الخلفية (النشطة) للكون أو الضوضاء الصادرة من عمق الكون وباستعمال الحاسبات الإلكترونية المتطورة أمكن تقدير عمر الكون الحالي بحوالي (13.7) بليون عام.

ولا يتوقـع حصيف انتهاء مفاجآت الكون واكتشافاته، فمـع تقدم العلوم الفلكية وازدياد دقـة الحسابات الكونية أمكـن التعرف على (مادة) جديدة في الكون أطلق عليها اسم (المادة السـوداء -The Black Matter) بالنظر لإمكانية الاستشعار بتأثيراتها البيئية عمليا دون إمكانية تحسسها لا على المدى الموجي المرئي ولا على المدى الراديوي الأقصر طولا أما إثبات وجودهـا وبمـا لا يقبل الشك فقد دفع العلمـاء إلى اعتبارها المسـؤول الأول عما لا يقل عن (75%) مـن التأثيرات الراديوية والموجية والجاذبيـة والتي تدل على تكوينها للنسبة السابقة من مجمل طاقة الكون وكتلته اللتين تتمركزان فيها.

لقـد شرعت تلك (المادة السوداء) المجهولة والتـي دخلت إلى صلب خلق الكون (بإظهار تأثيرها البين على مجمل المادة المرئية الأخرى) بالإفصاح عن نفسها بوضوح فصارت المسؤولة عـن زيادة تمدد الكون ومجراته وابتعادها بعضها عن بعض بسرع تعجيلية تعمل الآن على مد الكـون إلى الخارج بسرع أعلى وبمسافـات أكبر لم يحسب العلماء والفلكيون الأوائل حسابا لها من قبل.

للفضوليين فقط:

• قـل مـن يعلم الـدور الحقيقي والمحـوري الذي لعبـه الفلكي الشهـير [ملتن همصن (1972-1891) Milton Humason] في مساعـدة (هابـل) علـى وضعـه لقانونـه الشهير وذلك بمساعدة الأخير بإجراء العديد والعديد من الحسابات الطيفية لنتائجه.

• لم تقـم زوجـة هابل – بعد وفاته – بـأي مراسيم دفن معلنة لجثته، كمـا أنها لم تشر أو تعترف بما حل بجثمانه أو أين دفن.

• ركض هابل وربح إحدى جولات كرة القاعدة (Base Ball) مع أحد الفرق البريطانية المرموقة عندما كان هناك.

أقوال مأثورة:

– لا مجال للنقاش بأن موضوعة (هابل) الفريدة لتمدد كوننا الذي نعيش فيه وتجريده من حالة السكون التي كان يوصـم بها، كانت وبلاشـك قد شـكلت (ولاتزال) إحدى أسـس علم الفلك الحديث، سبقه (كوبرنيكوس) إلى ذلك بنفيه للخصوصـية التي طال مناداة الكنيسة بها ألا وهي مركزية كرتنا الأرضية وموقعها المميز والمقدس في الكون، كما وعملت متناقضـة اولبر (Olber)[1] التي تقول بظلام السماء أثناء الليل على تأكيد ذلك. لقد دفعت فكرة (هابل) الفلكيين لتنشيط أذهانهم ومراجعة حساباتهم لقبول والعمل على وضع النماذج الفعالة المتحركة للكون والتي نتج عنها افتراض عمر محدد له على مسار زمني معين. أما هذا الإنجاز العلمي فلقد تم بفضل الفكرة الخلاقة التي جاء بها (هابل) أصلاً وهي تقدير المسافة الفاصلة بيننا وبين أقرب المجرات المجاورة لنا...ولولاه ما كان.

هوشرا

John P. Huchra، (The Hubble Constant).

مقتطف من كتابه (ثابت هابل).

(1) متناقضة اولبر – Olber's Paradox – سميت باسم الفلكي الألماني الهاوي (هنرخ فلهلم اولبر– Heinrich Wilhelm Olber) الذي وصفها عام (1823). وكان كبلر (Kepler) قد طرحها قبله في عام (1610) وكان(اللورد كالفن) أول من حلها في مقالة له سبق وأن نشرت في عام (1901). أما المرجع العالمي للموضوع اليوم فيها فهو هارسون (Harrison 1987). وتقول بتناقض (ظلام) السماء أثناء الليل مع فرضية الكون اللانهائي المستقر وتؤيدها نظرية الانفجار العظيم. (المترجم).

- لقد وصـل هابل وبفضل إنجازاته الفلكية وانتصاراته العلمية إلى قمة الشهرة العالمية حتى ذاع صيته دوليا وذُكر اسمه في الكثير من المحافل العلمية والاجتماعية والفنية. لقد أصبح نجما حقيقيا يضاهي نجوم هوليود شهرة ومكانة بل وصار صديقا حميما خلال أعوام (1930-1940) لكل من الدوس هكسلي (Aldous Hexley) وشـارلي شـابلن (Charlie Chaplin) - وهلـين هيـز (Helen Hayes) - و وليـم راندولـف هارتز (William Randolph Hearts).

ليمونك

Michael D. Lemonick، (The Time 100، Edwin Hubble).

مقتطف من كتابه (الزمن 100 ، ادون هابل).

- خلق الباري عز وجل الإنسـان وحباه حواسـه الخمس التي تعينه على احسـاس وإدراك ما حوله، وما حول الإنسـان مجال واسـع يتراوح ما بين إدراكه لكيانه ولطبيعة حياته اليومية وتفاصـيلها وما بين محاولاته لاكتشاف الكون من حوله والتعرف على مكوناته... وفي ذلك مغامرة كبيرة قد يطلق البعض عليها اسم (العلم).

هابل

Edwin Hubble، (The Nature of Science، 1954).

مقتطف من كتابه (طبيعة العلم).

- لقد أدت المسـيرة الصعبة الحافلة التي سـلكها (هابل) في حياته إلى إخضاع نفسه لعمليات (إعادة اكتشـاف الذات) بـل وإعادة اختراعها، (إن صـح التعبير) بمعنى إيجاد إنسـان مختلـف تماما عما كان وبشخصية مغايرة كليةً عما وجد نفسه عليها وبعيدة كل البعد عما عاش واعتاد عليه. لقد حدث شرخ عميق في استمرارية حياة هذا العبقري فصل ماضيه عن حاضره، هذا الشرخ الذي نحتته ظروف تطوره الاجتماعي والمالي السريع من إنسـان عادي بخلفية الوسـط الغربي الأمريكي إلى رمز من رموز الحكمة والثراء الأسـطوريين، ذي شهرة هوليودية طاغية تمتع بها كما تمتع بها أشهر نجومها. ومن معطيات هذا الشرخ (الأليم) نجد أن (هابل) قد تنكر لعائلته وكافة أفرادها وشعر ومارس الترفع عنهم جميعا وعمق

ذلك الشعور بممارسات عملية يومية حتى أنه حجب زوجته وعائلتها عنهم ومنع أي تزاور أو اتصال بين العائلتين.

كروبر

William H. Cropper، (Great Physicists).

مقتطف من كتابه (فيزيائيون عظام).

ملخص لسيرة حياة المكتشف:

ولد [ادون هابل (1889-1953) Edwin Hubble] الفلكي الأمريكي الذي اشتهر بنظرياته حول تمدد الكون في مدينة مارشفيلد (Marshfield) في ولاية ميزدوري الأمريكية لأب متدين اشتغل كموظف في إحدى شركات التأمين، وأكمل دراسته الإعدادية في إحدى مدارس (ولاية شيكاغو) حيث رويت عنه العديد من الأحاكي والأساطير منها تلك التي صاحبت حفلة تخرجه عندما اقترب منه مدير الإعدادية قائلا له:

> **((يابني، يا ادون... لقد راقبتك خلال السنوات الأربع المنصرمة عن كثب ولم أرك تدرس لأكثر من (10) دقائق في أي مرة قط. توقف ناظر المدرسة عن التكلم بنبرة الواعظ وأرخى العنان لعضلات وجهه فاستبشرت أساريره وتفتقت تجاعيد وجهه عن ابتسامة عذبة ارتسمت على كامل وجهه حيث أكمل... (ومع ذلك فإني وعن يقين قاطع أقدم لك منحتك من المدرسة لإكمال دراستك في جامعة شيكاغو)).**

باشر (هابل) تمتعه بمنحته الدراسية وانخرط في تعليمه الجامعي وهو بعمر السادسة عشرة في جامعة شيكاغو والتي نال منها شهادة البكالوريوس في الرياضيات والفلك. مارس خلال حياته الجامعية بعض الفعاليات الرياضية والهوايات الصعبة، فأحب ومارس رياضة الملاكمة للوزن الثقيل وبرع فيها إلى الحد الذي استمات معه أحد مدربي اللعبة لإقناعه بممارستها كمحترف ومنازلة بطل العالم آنذاك في اللعبة، ولكن نجم (هابل) وطالعه أبيا إلا أن يختطا له مستقبلا أكثر إشراقا وأسمى منزلة، فاستمر في تحصيله العلمي في كلية (كوينز كولج) في

جامعة اكسفورد البريطانية كأحد طلاب منحة رودس (Rhodes)[1]. أما والده (المتعصب) دينيا فقد كان من المعارضين الأشداء للكحول والمسكرات وشاربيها إلى الدرجة التي أجبر ولده (ادون) في أحد الأيام على القسم بألا يذوقهما مادام في بريطانيا.

أكمل هابل دراسته في جامعة اكسفورد عام (1912) ومنح شهادة البكالوريوس في القانون والمحاماة، وفي العام التالي (1913) فتح مكتبا له لممارستهما في ولاية كنتاكي (Kentucky) إلا أن القصص تضاربت بشأن حقيقة ممارسته لمهنته خلال تلك الفترة من حياته، فلقد ذكر (بل برايسون – Bill Bryson) في كتابه: ملخص لتاريخ كل شيء (A Short History of Nearly Everything) ما يلي:

((لقد حبا الله هابل العديد من المواهب العظيمة، ومن سوء الحظ أن تكون موهبته (ككذوب متمرس) من بينها، فعلى رغم ادعائه بأنه كان قد مارس المحاماة في مدينة (كنتاكي) خلال معظم العقد الثاني من القرن العشرين، إلا أنه في الحقيقة كان قد قضاها كمدرس مغمور دائم البحث عن بعض طلبة الإعدادية ليذاكر لهم دروسهم لقاء درايهمات معدودة، وتدريب آخرين على لعبة كرة السلة في (مدينة الباني الجديدة) في ولاية انديانا (New Albany، Indiana))).

أما الكاتب روكي كولب (Rocky Kolb) فقد كان أكثر دبلوماسية ولياقة في وصف تلك الفترة الغامضة من حياة (هابل)، فلقد جاء في كتابه (Blind Watchers of The Sky) ما يلي:

((بعد ثلاث سنوات قضاها في جامعة اكسفورد في بريطانيا عاد (هابل) إلى بلدة لويزفيل – كنتاكي(Louisville، Kentucky) في أمريكا وهي البلدة التي انتقلت إليها

---

(1) منحة رودس الدراسية – Rhodes Scholarship – أسست عام (1902) حسب وصية (سسل جون رودس – Cecil John Rhodes) وفُعّلت في عام (1904). وتمكن هذه المنحة الحاصلين عليها من الدراسة لمدة سنة أو اثنتين أو ثلاثة في جامعة اوكسفورد البريطانية وتغطي كافة مصاريف الدراسة والمعيشة. تمتع بها إلى الآن 7000 طالب بقي حي منهم 4000 وتعتبر منحة (كندي) التي بدأت منذ عام 1966 النسخة الأمريكية لها. (المترجم).

عائلتــه خلال فترة دراســته في بريطانيا، ولكن بدل أن يســتعد ويمارســ المحاماة فعلا شأنه شأن كافة الحائزين على منح (Rhodes) والذين درسوا القانون وتدربوا على ممارســة المحامــاة، فقد آثر (هابل) أن يختار مهنة أخرى أكــثر نبلا وتأثيرا في حياته وفي حياة من حوله – ولو لفترة محدودة من الزمن – فقرر ممارسة التدريس الإعدادي)).

نــال (هابل) إجازته في المحاماة ومارس التدريس، كما أحب الملاكمة وبرع فيها في أثناء فــترة دراســته في (جامعة اكسفــورد) وحتى بعد أن عاد للولايات المتحــدة. وبما امتاز به من تقلــب فقــد آن الأوان ليجــرب حظه في مهنة جديــدة أخرى فذهب في عــام (1914) إلى مرصد ياركيز (Yarkes Observatory) التابع لجامعة شيكاغو حيث ركز جهده ووقته لدراسة الفلك والنجوم واستطاع أن يثبت كفاءته في هذا المجال حتى تمكن من انتزاع شهادة الدكتوراة في الفلك عام (1917) منها.

لقد كانت الولايات المتحدة على وشك دخول الحرب العالمية الأولى حين تم تجنيد (هابل) واستطــاع الارتقــاء إلــى رتبـــة رائــد فــي الجيــش. ولما عاد عــام (1919) بعد انتهائها أراد استعــادة شغفـــه بالمراصــد والفلك فالتحق بمرصد جبل ولسون الأمريكي (Mount Wilson Observatory) وشرع بدراسة السدم (Nebulae) وهي عبارة عن تجمعات من الغبار الكوني والغازات التي تعمل على (سد) الفراغ الكائن بين المجرات والنجوم وغالبا ما كانت ترى على شكل بقع مضيئة ساطعة في كبد السماء المظلم. وهناك ومن على مرصد (قمة جبل ولسن) الباردة توصل (هابل) إلى اكتشافه الفريد ؛ وهو أن الكثير من تلك السدم لم تكن لتنتمي إلى مجرتنا (الطريق اللبني) وإنما تقع خارجها واستطاع أن يسمو بخياله ويطور من قدراته وحساباته العالمية الفلكية ليدرك بأن تلك السدم لابد وأن تكون مجرات بحد ذاتها وأن لكوننــا الذي نعيش فيه امتدادات لابد لأذهاننا مــن الاتساع والتنامي لإدراك وجودها أولاً، وتقييم بُعدها وضخامتها ثانية.

كتب ميشيل د. ليمونيك (Michael D. Lemonick) في مجلة (Time) ما يلي:

((لقد بلغ يقين علماء وفلكيي العشرينيات من القرن العشرين مداه بتصورهم واعتقادهم

الجازم بأن كوننا العظيم بكامله لابد وأن (يوجد) وأن لا يتجاوز مجرتنا الأثيرة التي أطلق عليها ومنذ القدم اسم (الطريق اللبني أو درب التبانة) وهي - كما سبق وصفها - المجموعة الدائرية الحلزونية الشكل والحاوية على بضعة آلاف الملايين من النجوم والتي يبلغ قطرها بضعة مئات الآلاف من السنين الضوئية، ولكن العيون المتطلعة والمصرة على اكتشاف المزيد من الحقيقية والنظرة العبقرية الثاقبة المنطلقة من على (قمة جبل ولسون) الباردة في كاليفورنيا الجنوبية، مع ما اختمر في ذلك الذهن المتوقد والفكر الجسور في رأس هابل أدركت أن فكرة كون مجرتنا (العظيمة والوحيدة!) مجرد ذرة متواضعة ومجرة مغمورة وجدت ضمن بحور ملايين المجرات الأخرى التي تكون تشكيلة أكبر بكثير مما سبق تخيله أو توقعه عند النظر لسماء كرتنا الأرضية المتواضعة، لابد وأن ترى طريقها إلى النور والقبول علميا في يوم ما.. وهذا ما حدث فعلا)).

تمكن هابل في عام (1925) من تصنيف السدم والمجرات استنادا إلى أشكالها ومقادير لمعانها وتمكن من إرساء الفكر العلمي القائل بأن للمجرات أشكالا حلزونية دوارة متشابهة، تمتلك جميعها بؤرة مركزية واحدة تمثل مركزا لدورانها وأن هذا المركز ما هو إلا تموضع كثيف لأعداد هائلة من النجوم تمثل نقطة جذب هائلة تدور حولها كافة النجوم التابعة لأي منها، وأن في الكون من تلك المجرات العدد الهائل المقارب (لعدد حبيبات الرمل على ساحل بحر ممتد). ومن خلال ملاحظاته ودراساته للمجرات تمكن من ملاحظة وإثبات حقيقة ابتعادها عنا وعن بعضها البعض واستطاع أن يثبت أن للمجرات البعيدة خاصية الابتعاد بسرع أكثر بكثير من المجرات القريبة. ولابد لنا هنا من الإشارة إلى ألمعية وعبقرية هذه الفكرة والإشادة بواضعها إذ إنها قد شكلت منعطفا مهماً وخطيرا في تاريخ العلوم بصورة عامة وعلم الفلك على وجه التحديد، إذ لم يتشكل فهم الكون وتصرفه في ذهن الإنسان العالم وإلى حد تلك النقله، إلا بحالة ستاتيكية ثابتة، ككون مكون من مجرة واحدة تضمن آلاف الملايين من النجوم وكل نجم يحتفظ بكواكبه تدور حوله... وكفى!.

أما الجديد الذي جاء به هابل فهي فكرة (بل حقيقة) ميل الكون إلى التوسع والتمدد نحو

الخـــارج وأن نسبة ازديـــاد سرع ابتعاد المجـــرات عن بعضها تعتمد وبمـــا لا يقبل الشك على زيـــادة المسافـــات الفاصلة بينها. لقد كانت جهود (هابـــل) وحساباته – على دقتها في وقتها ووفـــق المعطيات التي توصل إليهـــا – تدعو حقا إلى الدهشة والاحـــترام رغم الحقيقة القائلة بخطئهـــا – حسابيا ولكـــن لا من حيث المبدأ – فلقد أخطأ (هابـــل) بوضع قيمة ثابتة، الأمر الـــذي أدى إلى استنتاج وضع عمر افتراضي للكون أقل بكثير من عمره الحقيقي وجعله يبدو أكـــثر (شبابا) من حقيقته، إلا أن القياسات النجمية والحسابات الفلكية اللاحقة أثبتت صحة نظريته واستطاعت أن تضع قيمة أكثر دقة وأقرب إلى الحقيقة لثابته المسمى باسمه.

جاء في كتاب (ثابت هابل) لجون هوشرا (John Hushra) ما يلي:

((لقـــد نال (هابـــل) شرف أولوية الإعـــلان عن حقيقة تمدد الكـــون في عام (1929). والذي كان قد سجل به سبقا فلكيا عالميا عظيما قل نظيره، رغم الحقيقة الثابتة القائلة بأن العديد من الابحاث المنشـــورة لكل من جورجس ليمتر (Georges Lemaitre) و هـ. ب. روبرتسون (H. P. Robertson) كانت قد سبقته في محاولة استعمال معلوماته المنشورة لإيجاد العلاقة بين مقادير إزاحة المجرات والمسافات الفاصلة بينها. يعود الفضـــل لتمكن (هابل) من وضـــع اسمه في ســـجل الخالدين من علماء الفلك إلى طريقتـــه في البحث وإلى اتباعه المنهج النموذجي في الاستقصـــاء والقياس للمســـافات الفاصـــلة بـــين المجرات، كما يعود إليه فضـــله في اكتشـــاف نوع من (النجـــوم المتغيرة) والمسماة بنجوم (Cepheid)[1] في المجرة رقم (M31) والتي تمكن من استخدامها (بعبقرية ملفتة) لحســـاب المسافات، إضافـــة إلـــى رســـمه ووضعه للمخططات البيانية التـــي تحقق العلاقـــة بين المســـافة والإزاحة الأمر الـــذي أقنع بواسطته المجتمع العلمي العريض بصحة ما ذهب إليه وبطريقة لا يرقى إليها الشك)).

(1) النجـــوم المتغيرة من نـــوع (سفيد) - Sepheid Variables - عبارة عن مجموعة تحـــوي في داخلها نجم أصغر عملاق (من نـــوع I) يمتـــاز بدقة علاقة تغيره مع لمعانه بحيـــث يمكن اعتباره المنار الهادي للمجموعة التي تضمـــه. اكتشفه جون كودرك (John Kodrack) في عام (1784). ووصفته رياضيا هنريتيا سوان ليفت (Henrieta Swan Levit) في عام (1912). (المترجم).

مثـل (الثابـت الكـوني – The Universal Coustaut) أحد ابتـكارات (اينشتين) العلمية الفذة، أما قصة هذا الثابت فتعود إلى طبيعة تصرف نظريته في النسبية وإلى ما أفضى إليه به علماء وفلكيو تلك الحقبة من حقائق رياضية ونتائج رصد كونية. فمن ضمن نتائج النظرية النسبيـة، وجود حالة انحدار للكون (بما فيه) إلى حالة حركية قد تكون بمعنى ابتعاد مكوناته ومجراته بعضها عن بعض. تلك الظاهرة التي لابد أن تحدث بصورة (تعجيلية) بقيمة تكبر أو تصغر حسب أحجام مجرات الكون والمسافات الفاصلة بينها. ولكن لما كانت علاقة اينشتين بالفلكيـين قـد توطدت عبر السنين السالفـة لسببين أولهما لعلاقة نظريتـه في النسبية بقوى الجـذب والشد ما بين مجـرات الكون وثانيهما لحاجته الماسة لسنـد علمي تثبته الاكتشافات العلميـة والأرصـاد الفلكية، إذ لا معنى (لنظرية) فائقة العظمـة والجـودة دون أن يكون لها صدى ملموساً ونتائج مفهومة في الواقع المختبري المحسوس.

جاهـد (اينشتـين) لوضع مثل ذلك الثابت لأن فلكيي تلك الحقبة كانـوا قد أصروا على أن الكون لا يمثل إلا حالة ساكنة تتحرك مكوناته داخله برتابة معلومة أكيدة دون زيادة أو نقصان، ولهذا فإن في وضع مثل ذلك العامل في معادلاته كان من شأنه أن يؤكد مصداقيتها ومطابقتها للواقع ويرفع من شأنها العلمي وذلك بأن يتصرف (كثابت كوني) مضاد للجاذبية يعادل أثرها ليمنع انكماش الكون نظريا بالنظر لعدم انكماشه حسب نتائج وإحصائيات الفلكيين عمليا.

ولكـن ما أن علـم (اينشتين) بموضوعة (هابل) واكتشافه بـأن الكون يتكون في الحقيقة من ملايـين ملايين المجـرات ومجاميع المجرات التي ما فتئت تتباعد عـن بعضها البعض منذ نشأته الأولى، حتى قرر التوقف عن جهده في صياغة مثل ذلك (الثابت الكوني) والذي سبق أن فكر بوضعه ليحول الكون الذي تتوقعه نظريته النسبية (وهو كون متحرك فعال امتدادا أو انكماشا) إلى كـون هادئ ساكن لا مـكان فيه إلا للحركة الداخلية النسبية بـين أجرامه وشموسه. ولقد اعترف اينشتين نفسه فيما بعد بأن تفكيره وعمله على ابتكار ومحاولته لوضع مثل ذلك (الثابت الكوني) كان من أعظم أخطائه النظرية بل ومن شطحاته (الغبية) التي أوشك أن يقع بها.

ورغـم عـدم ثقة (هابل) أو تأكده من وجود، فضلا عن صحـة النموذج المتمدد للكون الذي

اقترحه، إلا أن الفضل الكبير يعزى له ولمعادلاته ورسومه البيانية التي مكنت كلا من[جورج كامو (George Gammow 1904–1968] و[فريد هويل (Fred Hoyle (1915–2001] من وضع النموذج المقبول لنظرية (الانفجار العظيم – The Big Bang) المعروفة للكون.

لقد بلغ جموح (هابل) ووطنيته مداهما يوم أصر في عام (1942) على التطوع للحرب في الجيش الأمريكي، إلا أن وزارة الدفاع، وقد علمت بمكانته العلمية المرموقة وإنجازاته واكتشافاته الفلكية الفذة آثرت إلا ان تعينه كقائد لسلاح الصواريخ ومن ثم رفعته إلى منصب المشرف الأعلى لمختبرات أنفاق الهواء في ولاية ميريلاند.

لقد عاش (هابل) حياة حافلة بالإنجازات والشطحات والتنقلات بين العديد من الوظائف إلى جانب ولعه الشديد في دراسة الفلك وصياغة قوانين تصرف المجرات، إلا أن الجهود والضغوط التي كان قد عرض لها نفسه إضافة إلى عوامل كثيرة أخرى كانت السبب في إصابته بمتاعب جمة في القلب الأمر الذي طوى به صفحات حياته، وكتب خاتمة سفره بإصابته بجلطة دماغية سارعت بإسدال الستار على قصة حياته الحافلة وانتقاله إلى جوار ربه وذلك في أحد أيام عام (1953). أما زوجته – ولسبب لم يعرف لحد الآن – فلم تفصح عما آل إليه جثمانه، فهي لم تجر أي مراسم دفن له، كما أنها لم تدع أحداً لحضور جنازته، ولذلك فإني على أتم اليقين بأن موقع رفاة هذا العبقري كان وسيظل مجهولا إلى الأبد.

وتخليدا لذكرى هذا العالم الفلكي الجليل فقد تم إطلاق اسمه على إحدى فوهات القمر وهي بقطر (85 كيلومترا). هذه التسمية التي تمت المصادقة عليها من قبل الجمعية العامة لاتحاد الفلكيين العالميين في عام (1964). لقد ترك لنا هابل إضافة لما اشتهر به، تراثا علميا غزيرا تمثل بإطلاق اسمه على أو مصاحبته للعديد من النظريات الفلكية والثوابت والأجهزة، ولقد أحصى الكاتب سانداج (Sandage) كل تلك التسميات ونشرها في مناسبة احتفالية مولده المئوية والتي تكونت في الحقيقة من قائمة طويلة مدهشة من مختلف الإنجازات والمواصفات والمعادلات والأجهزة ضمت طيفا علميا يندر أن يصاحب اسم أي عالم غيره وقد يدهشك الاطلاع عليه كما أدهشني، فلقد كتب (سانداج) يقول:

((لقد ارتبط اسم هذا الفلكي بفيض مترام من الإنجازات العلمية فهناك: مجال هابل للممانعة (Zone of Avoidance)[1]، ومجرات بمواصفات خاصة تعرف بمجرات هابل كما يوجد تتابع (Sequence) هابل وقانون لمعان هابل للسدم العاكسة ومجالات لمعان هابل للمجرات من نوع (E)، وثابت هابل وزمن هابل ونموذج (Diagram) هابل وعلاقة هابل للانحراف الضوئي المرئي الأحمر ونصف قطر هابل للكون وأخيرا المرقاب الفضائي الهائل المعروف باسم (مرقاب هابل)[2] في مداره حول الأرض)).

ولعل من اللائق بل من الواجب علينا هنا وبمناسبة احتفاليتنا بمئوية ميلاد (ادون هابل)[3] أن نستذكر بكل العظمة والاحترام والخشوع هذا العالم الفذ والإنسان الرائع الذي نال وبحق لقب (الفلكي العظيم) ذلك اللقب الذي سبق وأن منح لعلماء أفذاذ عظام كانوا منارات للعلم والفيزياء والفلك في تاريخ البشرية من أمثال (غاليليو) و(كبلر). ذكر كل من (الكسندر أس. شاروف – Alexander S. Sharov)، و (ايكور د. نوفيكوف – Igor D. Novikov) في كتابهما (ادون هابل) هذا العالم وإنجازاته الفذة بفخر واعتزاز فاقا الوصف ونعتاه بخصائص وصفات قلما قيلت أو تقال بشأن عالم مهما علت منزلته، فلقد أثر هابل على تفكير وحياة العديد من الفلكيين والعلماء ودفعهم إلى اتخاذ منحاه أساسا للانطلاق فكريا وعمليا نحو اكتشاف الكثير والكثير من أسرار الكون.

((لقد طرق هابل باب الكون الجديد ففُتح له عن مجرات جديدة وسدم عديدة فكان أول من تقدم موكب العلم والعلماء لولوجه.. كان ذلك حينما تمكن من إثبات أن تلك السدم والمجرات والتي تقع خارج مجرتنا الأثيرة – درب التبانة – ما هي إلا تجمعات

---

(1) Zone of Avoidance (ZOA): وهو المجال الفلكي المحجوب عن المراقبة البصرية والراديوية من قبل مجرتنا (درب التبانة) ذاتها. (المترجم).

(2) مرقاب هابل الفضائي – The Habble Space Telescope – هو أحد التلسكوبات الفضائية ولكنه أكثرها قابلية وتنوعاً. يسمح بدراسة السماء وتصويرها بدقة بدون أي خلفية ضوئية. يزن 11،110 كيلوغرام وأطلق إلى المدار عام 1990 بعد العديد من المصاعب والمشاكل وسيستمر في عمله حتى عام 2014 – (المترجم).

(3) هو [ادون هابل (Edwin Powell Hubble (28، Sep. 1953 - 20، Nov. 1889)]. (المترجم).

نجمية ومجرات لولبية قائمة بذاتها تشابه ولحد كبير مجرتنا ذاتها بنجومها ومجاميعها الشمسية، ومع أهمية ذلك الاكتشاف إلا أن الأهم والأكثر تأثيرا على تصورنا وتصور العلماء لواقع الكون الذي نعيش فيه كان إثباته لوجود ظاهرة الزيغ اللوني النجمي في طيف اللون الأحمر للضوء المنطلق من المجرات والسدم البعيدة والواصل إلى الأرض.. بمعنى أن الكون كان أصغر حجما وأقل عمرا قبل طرق (هابل) لبابه، ولكن بعد الوهلة الأولى تبين أن للكون حقيقة مغايرة تماما عما سبق تصوره، فهو كون ثوري متغير مترام بأكثر مما في استطاعة هذه الكلمة استيعابه وقد تغير إلى الدرجة التي سمح بها لوجود الإنسان وتطوره على الأرض. وبسبب كل هذه الحركية وهذا التحول لا يكاد أحد يشك اليوم بوجود حضارات أخرى في أرجاء هذا الكون المترامي سواء في هذا الركن أو ذاك. ولهذه الأسباب ولكثير غيرها نجد أن مطاف ومنزلة (هابل) قد رُفعت من قبل كافة العلماء والفلكيين إلى المنزلة الموازية لمنازل كوبر نيكوس وغاليليو غاليلي)).

أكد (جون كريبن – John Gribbin) مؤلف كتاب (مولد الزمن– The Birth of Time) حقيقة كون (هابل) مكتشفا ومراقبا دقيقا أكثر من كونه رجلا عني بوضع النظريات أو تخيلها حين كتب قائلاً:

((لم يشأ ولم يساهم (هابل) حقيقة بوضع أي نظرية تخص الفلك أو الكون أو غير ذلك من المواضيع أبدا، رغم العلاقة الوثيقة التي وضعها مؤرخو علم الفلك اليوم بين اسمه وبين نظرية (الانفجار العظيم – The Big Bany Theory).

لقد اختار أن يكون فلكيا مراقبا واجتهد على تسجيل وتدوين ملاحظاته بالدقة التي توفرت لديه، فهو لم يعر اهتماما لأي نظرية ولم يسجن ذهنه ولا تفكيره ضمن أي حدود ولم يحاول قوقعتهما ضمن أي نظرية معروفة سلفا أو أخرى يتوق إلى وضعها لاحقا، فلقد قرر وبثبات ترك ذلك لآخرين دونه.. وقد نجح في ذلك أيما نجاح. ولعل اعتداده بنفسه وبمعطياته لم يتجاوز فقط حقيقة إهماله لما وضعه غيره من نظريات وإنما انعكس أيضا على شخصيته وتصرفاته فكان دائم المبالغة بمستواه الاجتماعي، فبرغم تواضعه

المعروف في مجال الفلك، إلا أنه كان نادرا ما يفوت فرصة سانحة أو مناسبة طارئة دون الإشادة بمنجزاته وأعماله خارجه)).

وفي مقالة أخرى أيد (برايسن– Bryson) التقييم النفسي والعلمي لـ (هابل) والذي كان قد ذهب إليه (كربن – Gribbon) حين كتب يقول:

((نعم، لقد فاق (هابل) المراقب في إمكانياته (هابل) المفكر، فهو لم يتمكن فورا من تقدير قيمة وتصور إمكانية تطبيق ما استطاعت أرقامه ورسومه من التنبوء به. لقد مرت الأيام وتراكمت المعطيات و(هابل) منهمك في مراقباته وتسجيلاته دون أن يظهر أي ميول أو إمكانية – ولو ضئيلة – لاحتمال صياغة معطياته وأرقامه شديدة الأهمية على شكل نظرية تعرف باسمه رغم توفر كل الحظوظ التي كان بالإمكان أن توصله إلى ذلك. ولكن على العكس فقد شاءت الأقدار أن تنقاد المعطيات التي سجلها (هابل) وعمل على تنظيمها لأحد الزاهدين البلجيك (وهو جورجس ليمتر - Georges Lemaitre) والحائز على جائزة الدكتوراه من معهد مساجوست (MIT) للتكنولوجيا لتصميم وإطلاق نظريته التي خلطت علم الفلك ونثرته نثرة واحدة مشابهة لانطلاق الألعاب النارية ليلة عيد الاستقلال، والتي جاءت بموضوعه إن الكون كان قد بدأ كنقطة هندسية انفجرت كبقعة ثم كحلقة ضوء صارت كرة لاتزال وستظل تمتد وتمتد منذ إذن وإلى الأبد)).

ولعل من الملائم هنا وقبل أن أختتم هذا الفصل الشيق الحافل والذي خصص (لهابل) أن أشير إلى أن مفهومنا العلمي والفلسفي حول الكون وكيفية نشوئه وهيئته وما سيؤول إليه كان قد تغير تغيرا جذريا خلال القرون الأربعة المنصرمة.

لقد آمن الكثير من المفكرين والدارسين إبان حقبة [غاليليو غاليلي Galileo Galilei –(1564–1642)] بأن الأرض هي مركز الكون وهي بذلك لابد وأن تشكل مركز الخلق والخليقة (كيف لا وقد وجد الإنسان عليها!؟) ولكن هذه النظرية الجذابة الرائعة – في عقول علماء وعامة القرون الوسطى – سرعان ما ذبلت وتلاشت كهشيم الأرض

تذروه الريــاح وأخلت موقعها لنظريات أخرى تقول بمركزية الشمس وريادتها للكون فهي أكــبر، ولما تلاشت هذه النظرية أيضا وخفُت ضياؤهــا، تم استبدالها بالمجرة كمركز مرموق للكون فهذه ولاشك أكبر. أما اليوم فيدرك آلاف الدارسين والباحثين والعلماء وحتى الهواة، وبفضــل العديد من المراقب الفضائية بأن مجرتنا المسمــاة (الطريق اللبني) ما هي إلا باب فُتح على العديد والعديد من النجوم بأنواع وأشكال وأطياف مختلفة تلاشت معها قدسية شمسنا العزيــزة واختزلــت إلى مجرد نجمة متواضعة صفراء ذات شعــاع متواضع تحتل مكانها ما بين حــوالي (200) بليون نجمة تكون مجرتنا التي يمكن أن توصف بالصغيرة مقارنة بما في الكون من مجرات عملاقة قد لا تُقارن مجرتنا حجماً ولا طاقةً بها.

لقــد شرحت في كتابي (نجــوم السماء) ما يعنيه مبدأ مركزية مجرتنا في الكون والذي يعكس نفس المفهوم والمنزلة التي سبق وأن احتلتها الشمس والأرض من قبلها في تطور الفكر الفلكي الإنساني، أما الآن فقد آن الأوان وفي بداية القرن الواحد والعشرين أن ندرك بأن هذا المبدأ أو هذه الحقيقة التي ألحقت بمجرتنا ما هي إلا نقطة صغيرة أو درجة من درجات المركزية التي اعتز الفكر البشري بوضع نفسه وما يعتقده فيها كسابقاتها عبر العصور. ولكن هذا المبدأ ما لبث أن تهــاوى كسابقيه في عشرينيات القرن الماضي على يد (هابل) الذي أثبت (وبما لا يقبل الشك الآن) بأن مجرتنا لا يمكن أن تكون الأولى ولا الأخيرة في هذا الكون المترامي دائم الاتساع[1].

وكخلاصــة لعظمة الكون[2] لابــد وأن نقر وفقا لأدق الحسابــات والتوقعات الفلكية بأنه يحتــوي[3] على مجرة واحدة مقابل كل شمس في مجرتنا ذاتهــا، ولابد أمام هذا الحشد الهائل مــن المجرات والنجوم أن نحاول إيجاد العذر اللائق لعلمــاء وفلكيي القرون الأربعة الماضية

(1) والــذي مــا فتئ يشع حتى نطق بالآيات التي تعكس عظمة موجده وخالقه جل وعلا وسيظل يسبح له. ﴿والسماء بنيناها بأيد وإنا لموسعون﴾ سورة الذاريات، آية(47). (المترجم).

(2) ناهيك عن التفكير بعظمة خالقه (سبحانه وتعالى).(المترجم).

(3) الكــون المرئي - The Visible Universe - ونعني المحسوس بــه ضوئيا وراديوياً ناهيك عن وجود الكون (غير المرئي) والذي أمكن التوقع بل والتأكد من وجوده بتأثير جاذبيته على بقية الكون والذي سمي بالمادة السوداء والتي يعتقد أنها تشكل حوالي 75% من مجمل الكون المدرك حاليا.(المترجم).

والذين لم تتعد قابلية أذهانهم حقيقة تصور الأرض (ومن بعدها الشمس) إلا كساكن وحيد في الكون، ولو أنهم كانوا قد علموا ما علمنا لاختلطت عليهم مفاهيم الكون وأسرار السماوات. ولعلي أرى من خلال معطيات القرون الأربعة الماضية، وتطور العلوم وعلوم الفلك خلالها... أن ما سيبديه الكون من عظمته لذهن الإنسان خلال القرون الأربعة القادمة لابد وان يفوق ما سبق وأن أبداه له في قرونه الأربعة السابقة على الأقل فيما يخص التغيير الجذري الذي ستشهده نظريات بناء ونشوء الكون ذاته. لقد انقرضت وماتت الواحدة تلو الأخرى كل الأفكار المركزية التي نادى بها وأثبتها (رياضيو) العقل البشري على مر العصور[1]، وعلى علماء المستقبل أن يحتاروا الـ (ضحالة وخطأ) عقول وحسابات علماء وقتنا الحاضر...!!.

أما سبب ظهور وأفول النظريات والأفكار العلمية والفلكية منها على وجه الخصوص فيعود في الأصل إلى سببين: تطور الذهن البشري من الناحية الفكرية النظرية من جهة وتطور التقنية وتكنولوجيا الصناعات من جهة ثانية الأمر الذي أدى إلى تفتق الأول عن أفكار واختراعات وآلات ووسائل أمكن تحقيقها بالتكنولوجيا المتطورة أدت إلى إمكانية سبر أعماق جديدة في الفضاء حولنا وتصويرها واستنباط خرائط كونية جديدة لها. ولعل على رأس التوقعات الثورية القادمة هي فكرة إزاحة المركزية حتى على كوننا الحالي (والذي لم نتمكن لحد الآن – ولو نظريا – من إدراك منتهاه)، وبما يمكن أن يتوفر لدينا من معلومات خلال هذا القرن الجديد (القرن الواحد والعشرين) فلا أشك في أن فكرة مركزية الكون الذي نعيش فيه وبأنه يشكل كل ما في الكون الرحيب، لابد وأن تخلي موقعها لفكرة جديدة أخرى مفادها وجود أكوان أخرى تشاركنا الوجود[2]... والتي قد لا ندركها خلال فترة حياتنا خلال العشرين أو الثلاثين سنة القادمة.

---

(1) لقد أوشك أن يصبح من المسلمات (على الأقل خلال حقبتنا الزمنية هذه) ومن أجل حل معضلات تتعلق (بالنيترينو) وتطبيقات نظرية الأوتار The String Theory لتفسير نشوء الكون أن يفترض وجود أبعاد تفوق البعد الرابع (قد تصل إلى 11 بعدا وأن يفترض وجود عوالم واكوان موازية لا حصر لها لكوننا الذي نعيش فيه وتساعد مثل هذه الحلول الرياضية على تفسير دقائق نظريات الفلك الحديثة أو لتحديث نظريات النسبية والكم لتطابق توقعات عوالم لم يسبق التفكير بها كالثقوب السوداء وحافات الكون أو حتى لتوحيد قوى الكون المتناقضة كالجاذبية الكبرى (بين الكواكب والمجرات) والجاذبية الصغرى (ما بين جسيمات الذرة الواحدة) ضمن نظرية موحدة واحدة. (المترجم).

(2) Multiverse(s). (المترجم).

مصادر إضافية وقراءات أخرى:

Bryson, Bill, *A Short History of Nearly Everything* (New York: Random House, 2003).

Christianson, Gale E., *Edwin Hubble: Mariner of the Nebulae* (Chicago: University of Chicago Press, 1996).

Gribbin, John R., *The Birth of Time: How Astronomers Measured the Age of the Universe* (New Haven, Conn.: Yale University Press, 2001).

Hall, Stephen, *Mapping the Millennium* (New York: Random House, 1992), p. 21.

Huchra, John P., "The Hubble Constant," Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics; see cfa-www.harvard.edu/~huchra/hubble/.

Kolb, Rocky, *Blind Watchers of the Sky* (New York: Basic Books, 2006).

Lemonick, Michael D., "The Time 100: Edwin Hubble," *Time*, March 29, 1999; see www.time.com/time/time100/scientist/profile/hubble.html.

Livio, Mario, "Hubble's Top 10," *Scientific American*, 295(1): 43–38, July 2006.

Pickover, Clifford, *The Stars of Heaven* (New York: Oxford University Press, 2001).

أفكار فلسفية وآراء للمناقشة:

- تعتبر الرياضيات – كلغة للتعبير وصياغة قوانين الفيزياء هبة مدهشة لبني البشر، لم ولن يفهموها... وهم أصلا لا يستحقونها! ولعل خير ما يجب القيام به هو البقاء أوفياء شاكرين لها وأن تبقى معنا صالحة نافذة لتعيننا على ما يخبئه لنا المستقبل من أبحاث، داعين لها بالاستمرار والتطور سواء نحو الأفضل أو نحو الأسوأ فقط لننعم بالسعادة.

واكنر

Eugene Wigner، (The Unreasonable Effectiveness of Mathemetics).

مقتطف من كتابه (الكفاءة - غير المبررة- للرياضيات).

- إن اعتقاد الأطفال بأن سنهم اللبني سيستبدل بآخر دائمي عند رميه نحو الشمس حقيقة كما أن قوانين الفيزياء التي ندرسها ونستخدمها حقيقة. إن قوانين لعبة كرة القدم حقيقة شأنها شأن الصخور التي نراها في الحقل المجاور لمنزلك فهي حقيقة أيضا. ولكن عليك أن تعلم بأن الحقائق الأربع التي ذكرتها (حقيقية) ولكن بطرق مختلفة.

ما أعنيه هنا هو أن حقيقة قوانين الفيزياء كحقيقة يشابه جوهر وجود الصخور كحقيقة فكلاهما

موجود كائن اجتهد الإنسان لتصور طريقة تصرفه ونجح في ذلك، كما أن كلا الحقيقتين السابقتين تختلفان جوهريا عن حقيقتي قوانين كرة القدم وأسطورة السن اللبني، تختلفان من ناحية أن المجموعة الأولى لم توجد من قِبَل الإنسان فإنهما كانتا قبله وستظلان بعده بعكس الأخيرتين اللتين أوجدهما الإنسان بنفسه.

ما أريد الوصول إليه هو أن قوانين الفيزياء، شأنها شأن الصخور عبارة عن حقائق معروفة بالدلالة أي أنها تعبير (حقيقي) لحقيقة موجودة أصلا، وإذا ما حدث يوما ما وأن اكتشفنا أي حضارة عاقلة أو مخلوقات منطقية ورياضية التفكير على أي من الكواكب النائية واستطعنا بطريقة ما من ترجمة أعمالها العلمية إلى لغاتنا المفهومة، فلابد حين ذاك أن نكتشف أن قوانين (فيزيائهم) بما أنهم يسكنون كوننا الحالي المشترك مهما بعدوا عنا وبأي شكل تجسدوا لابد وأن تكون ذات قوانين (فيزيائنا) نحن، وهذا ما أعنيه بـ(الحقيقة الموضوعية) التي تشمل الكون بأسره.

واينبرك

Steven Weinberg، (Sokal's Hoax)، The New York Review of Books، August 8، 1996.

مقتطف من كتابه (خُدع سوكال).

- نحن (نرى) الحقيقة كما تُصورها لنا (أفكارنا) وبناء على ذلك فلابد (لأفكارنا) أن تشارك، وعلى طول الخط بإعطاء الشكل والخصوصية والتصور الذاتي (لأنفسنا) وللحقيقة ككل من خلالها وهي التي تضعها أمامنا – وببساطة – (كفكرة).

والآن هل تعلم (الفكرة) حقيقة ما تقدمه لنا من تسهيلات وما لها علينا من فضل؟... بالطبع لا! فالفكرة شيء (مجرد)، هي عمل أو فعالية أو تفاعل يقوم بها الدماغ وتنتج عنه وهي بذاتها لا تفكر (ولا تعتقد) أنها تقوم بأي شيء لنا أو لغيرنا! وهنا باعتقادي يوجد مكمن الصعوبة، فلابد لنا أن نتوصل إلى الإدراك الملموس ونشعر ونتطور إلى الحد الذي يمكننا من إدخال (الفكرة) ذاتها إلى منظومة الحقيقة وألا ندعها تحوم حولنا فقط كعنصر مجرد (نفكر به) وإنما أن تكون فكرة بمعنى عنصر (نفكره) بذاته! والآن هل عرفت الفرق بين (الفكرتين)؟ وهل فهمت ما أعنيه بالضبط؟!.

بوم

David Bohm، (On Creativity).

مقتطف من كتابه (الابداع).

- مـا الكون؟!.. الكون هو الفضـاء الخارجي، هو المكان الأمثل والأصـلح كمختبر للفيزياء الفائقة، الكـون نافذة للاطلاع على نهايات ما يمكن أن تكون عليه الأجواء والأحوال والمسـافات، وما يمكن أن تبلغه الحرارة من درجات خيالية (زيادة أو نقصـانا) والكتل من قيم نهائية والضـغوط من مناسيب فلكية والتـي غالبـا مالا يمكن لأي مختبر على الأرض من مجاراتها، أو على الأقل ليس بالسـهولة التي في متناول الجميع. ولعل من المدهش أن نستنتج أن كمية جسيمة ومقدارا هائلا من العلوم التي نفهمها ونعتمد عليها اليوم كانت قد نشـأت كحلول لمشـاكل فضائية فلكية. أما ما يخص أياً من الاكتشافات العظيمة في مجال العلوم الأساسـية الصرفة والجسـيمات الابتدائية، فقلما يذكر لنا تاريخ العلوم أي توقع ضاف أو تصور شـاف من قبل أي من أولئك العلماء والمكتشـفين لنتائج وتأثيرات أي من اكتشـافاتهم تلك على أي من أحداث أو ضروريات حياتنا اليومية.

بركمان

William T. Bridgman، (The Cosmos in your Pocket، How Cosmological Sciences Became Earth's Technology)

مقتطف من كتابه (الكون في متناولك).

الباب الثالث

المتنافسون العظام

المتنافسون العظام

(... وفجأة جُمعت أفكار الفلسفة والخيال مع روعة الفيزياء والكمال مضافاً إليهما عرق الكفاح ورعب السلاح. لقد أصبحت (E = m c 2) رمزا عظيما (يجمع كافة التطبيقات العلمية) كُتبت بصورة لم يسبق لها مثيل، قبل أن تجد لها في عالم التجارب أي دليل. لقد حوت هذه المعادلة كافة طموحاتنا وآمالنا وأحلامنا لفهم الحقيقة، بل وحتى كوابيسنا عن الدمار وبشاعته ضمن حروف قليلة خطها قلم...)

كاليسون

Peter Galison، (The Soxtant Equation) in Grahem Farmelo's It Must Be Beauliful.

مقتطف من مقالة له مشار إليها في كتاب كراهام فارميلو (إنها لفاتنة! لابد من ذلك!).

(لا أشـك مطلقا في قدرة المولى عز وجل على تغيير قوانين الطبيعة وإمكانية خلق عوالم أخرى بأشكال مختلفة وفي عدة أماكن من الكون.)

نيوتن

Isaac Newton، (Questions) From Opticks.

مقتطف من كتابه في (البصريات).

يحتـوي هذا القسـم من الكتاب على ترسـانة عظيمة مـن القوانين العلمية التي تفخر بحملها لأسـماء مكتشـفيها، قد يكون بعضـها أقل شـيوعا من بقية القوانين في متن هذا الكتاب أو أقل شهرة أو استخداما منها، كما أنه قد يحتوي على بعض القوانين الخاصـة بالعلوم البيولوجية - الحياتية - والتي حرصـت على وضـعها فيه. قد تكـون بعض هذه القوانين أساسـية فعلا ولكنهـا في المقابل قد تكون أكثر تعقيـدا أو أقل بساطة من سابقاتها، كما قد لا تتمتع بعضها بصفة (القوانين) في العديد من المصادر التي تطرقت إليها. لقد اسـتمتعت - شخصيا - بالبحث عن القوانين التي سأسردها فيما يلي، كما استمتعت باكتشاف العشرات من الكتب الشـيقة التي عنيت بشرحها ومناقشتها والتي ألحقتُ قائمة قصيرة بها في نهاية هذا الفصل. لقد سردت أكثر من صيغة وذكرت أكثر من تعريف لبعض تلك القوانين استنادا إلى وجهة نظر هذا الكتاب أو ذاك والذي عني بدراسـة هذا القانون أو ذاك. وباختصـار يمكنني اعتبار هذا القسم مناقشة مبسطة سلسة لبعض القوانين المهمة والتي تختلف بأسـلوبها وهيئتها وشرحها عن باقي القوانين التي ضـمتها دفتي هذا الكتاب، حيث قصدت أن أجعل منها مجرد نقطة شروع ومنصة انطلاق لنقاش أوسع ودراسة أعمق لها في

كتب قادمة. وكلي أمل أن يسـعفني القدر بالوقت الكافي والعزيمة القادرة على إعادة صياغة هذه القوانين ومناقشتها باستفاضة أعمق في المستقبل.

لقد تم اكتشـاف القوانين التالي ذكرها - شـأنها شـأن معظم قوانين هذا الكتاب - ضـمن الفترة الزمنية الواقعة ما بين القرنين التاسع عشر والعشرين (1800-1900) من قبل علماء أوربا الغربية على الأغلب، هـذا ويلخص الجدول رقم (12) الحصـة التاريخية لعدد ونسـبة هذه القوانين، كما يوضـح الجدول رقم (13) حصة مختلف الأقطار الأوربية منها حسب مسقط رأس مكتشفها أو المكان الذي عاش فيه، ولعلك سـتلاحظ أن إثبات انتماء هذا المكتشـف أو ذاك قد تخضع لوجهة نظر هذا المصـدر أو ذاك سيما إذا كان المكتشف المعني قد ولد في بلد وعاش وعمل في آخر، ولهذا فلا أرى بأساً من اعتبارها مرجعا عاما ليس إلا، أما إذا ما صادف أن وضع أحد المكتشفين أكثر من قانون واحد فقد تم ذكره مرة واحدة فقط.

الجدول رقم 12:

قائمة توزيع المتنافسين العظام حسب أزمنتهم	
الفترة الزمنية	عدد ونسبة القوانين المكتشفة
1700-1600	(4.25%) 2
1800-1700	(4.25%)2
1900-1800	(59.5%) 28
2000-1900	(32.0%)15

الجدول رقم 13:

قائمة توزيع المتنافسين العظام حسب أقطارهم			
القطر	العدد	القطر	العدد
فرنسا	15	النمسا	2
بريطانيا	12	روسيا	2
ألمانيا	10	سويسرا	1
الولايات المتحدة الأمريكية	7	الهنـــد	1
هولندا	3	أيرلنـدا	1
إيطاليا	2	الدنمارك	1

الفصل الأول

قوانين الحقبة الزمنية

(1600 - 1700)

القرن السابع عشر الميلادي

قانون تذبذب مرزن - Mersenne's Law of Vibration

قانون خاص يحكم ذبذبة وتر ما مع طوله ونوع المادة المصنوع منها. اكتشفه رجل الدين والفيلسوف والرياضي الفرنسي [مارن مرزن Marin Mersenne (1588_1648)]

والذي غالبا ما يُكنّى (بـأبي الأصوات)، في نطاق الإزاحات الصغيرة – وينص على تناسب **الذبذبة الأساسية لوتر متجانس طرديا مع الجذر التربيعي لتوتره وعكسيا مع الجذر التربيعي لكتلته وطوله.**

تمثل هذه العلاقة السر الكامن وراء براعة صناعة آلة البيانو الموسيقية وتفسر المدى الواسع للأنغام التي يمكن عزفها عليه، ولا تعتمد صناعة أوتار هذه الآلة على تغيير أطوالها فحسب، فقد يؤدي ذلك إلى الحاجة لجعل أطول أوتارها يفوق اصغرها بمئة وخمسين ضعفا وهذا ما لا يمكن تطبيقه عمليا ولهذا يعمد صناعها لاختيار أوتارها من مواد مختلفة وبأوزان وأطوال وكثافات متباينة والتلاعب بقوة شدها على خشبتها حسب قانون (مرزن) وذلك للحد من الحاجة إلى الاعتماد على تغيير أطوالها وحسب للحصول على نغماتها.

[انظر كتاب– العلم والموسيقى– لجيمس جينز (Science and Music)، James Jeans].

امتاز (مرزن) بكونه رياضيا فرنسيا نطاسياً فذاً شديد التدين، آثر ممارسة اللاهوت ودراسته بعمق إضافة إلى كونه فيلسوفا ومنظرا بالأرقام ناهيك عن انضمامه إلى جماعة القساوسة الرهبان. أما أهم ما آمن به (مرزن) ونادى به فهو أن عظمة الله (عز وجل) ما كانت لتتزعزع حتى لو أنه سبحانه كان قد خلق عالما واحدا فحسب، لأنه لابد وأن يكون عالما لا نهائيا بكافة تفاصيله. امتازت بواكير مؤلفاته بطابعها الديني البحت وناقشت أفكارهُ مسائل معمقة دارت حول نفي مفاهيم الشك والإلحاد.

قانون تورشيلي لإفاضة الموائع

TORRICELLI'S LAW OF EFFLUX

[**ايفا نجلستا تورشيلي** (1647 ـ 1608) Evangelista Torricelli]:

رياضي وفيزيائي إيطالي لمع اسمه كمخترع لمقياس الضغط الجوي (البارومتر أو المضغاط).

نص (قانون تورشيلي) على **أن سرعة إفاضة سائل من ثقب تحت مستوى سطحه تساوي سرعة السقوط الحر لجسم من أعلى سطح ذات السائل إلى مستوى عين الثقب**، فلو فرضنا وجود الثقب في خزان سائل على عمق مقداره (h) من سطح السائل فبإمكاننا حساب مربع سرعة فيض السائل منه بالمعادلة التالية:

$$V^2 = 2\,gh$$

حيث تمثل (V) سرعة الإفاضة

و (g) ثابت التعجيل الأرضي

علماً بأن هذا القانون يفترض إمكانية إهمال تأثير لزوجة السائل المستعمل في التجربة.

أما مقدار الإفاضة أو كمية السائل المندفع خلال فتحة ذات مساحة مقطع معلومة فيحددها القانون التالي:

$$q = a\,v$$

حيث (q) تساوي كمية السائل المندفع خلال فتحة، ذات مساحة مقطع معلومة تساوي (a).

لقد سبق إطلاق اسم (قانون ليوناردو دافنشي) على هذه العلاقة ($q = a\,v$)، وقد يعود سبب ذلك إلى حوالي عام (1500) حين ثبت العبقري الايطالي ملاحظته حول ازدياد سرعة جريان تيار الماء في نهر عند وصوله لمضيق في مساره، كما تمكن من مناقشة وإثبات حقيقة أن حاصل ضرب سرعة تيار أي نهر في المساحة السطحية لمقطعة لابد وأن تكون قيمة «ثابتة» عند أي نقطة على مسار جريانه. وتمثل هذه العلاقة حقيقة ضرورية ثابتة ألا وهي حفظ كتلة ماء النهر على طول مجراه بغض النظر عن عرضه أو عمقه. وقد يطلق اسم ثالث على هذه

العلاقة ألا وهو (قانون الاستمرارية) وقد يكتب كذلك على الشكل التالي:

$$a\,V = \text{ثابت}$$

وحسب مقالته المنشورة في عام (1502) والمقتطفة من كتاب (روبرت فلب بندكت – Robert philip Bonedict) المعنون (أسس الحرارة والضغط وأسس قياس جريان السوائل) فقد أمكن إثبات نسبة القول التالي إلى ليوناردو دافنشي:

(لابد لأي نهر – وعلى طول مجراه وخلال زمن ثابت – أن يسمح بمرور كمية محددة معلومة متساوية من الماء خلاله بغض النظر عن سعته وعمقه وانحداره وخشونة قاعه والتواء مساره). ورغم حقيقة أن ليوناردو دافنشي لم يتمكن حينها من صياغة المعادلة الصحيحة لتوقعاته وتقييمه وهي ($q = a\,v$) إلا أن الكثير من العلماء والباحثين الموقنين بعبقريته لم يترددوا بنسبتها إليه. أما الحقيقة التاريخية الثابتة بشأن واضع هذه العلاقة المهمة والمسماة (بقانون الاستمرارية) فتعود إلى الراهب وخبير الموائع الإيطالي (بنديتو كاستيلي (1578 – 1643) Benedetto Castelli) والذي كان قد استطاع فعلا من وضع الصيغة الرياضية لذلك القانون في عام (1628).

ولابد لنا في هذا المجال من الإشادة بكثير من المصادر الأخرى والتي تعزي الاكتشاف الأول لهذا القانون إلى المهندس والمصمم المعماري [العالم الإسكندري هيرو Hero of Alexanderia (10 – 70 A. C.)) والذي عاش في الإسكندرية بمصر خلال الحقبة التاريخية التي أعقبت سطوع نجم (الإسكندر العظيم) والذي كان قد سبق (ليوناردو) و(كاستيلي) بقرون.

لقد درس العديد من العلماء والباحثين تأثير شكل فتحة تصريف السائل وتأثيرها على إزاحة[1] فيض سائله في قانون (تورشيلي) فوجدوا أنه لا يمكن تطبيق هذا القانون على أشكال الفتحات

(1) هامش لغير المختصين: الإزاحة (Velocity) – مصطلح اتجاهي (Vector) يعني السرعة (Speed) باتجاه معين (– Directional Quantity).

المربعة أو عند اكتساب السائل لإزاحات عالية جدا (وذلك بسبب ميله لتكوين الدوامات في مســاره) إلا بعد إدخال التعديلات اللازمة عليه لاستيعاب مثل تلك الحالات الخاصة. (راجع كتاب – تاريخ وفلسفة ميكانيكا الموائع – لـ ج. ا. توكاتي G. A. Tokaty).

لقــد لمع اسم (تورشيلي) مرة ثانية في حقل الرياضيات كما سبق له أن لمع في حقل الفيزياء وذلك عند اكتشافه لما يسمى (بصور تورشيلي)[1]: وهو عبارة عن جسم رياضي يشبه البوق يمكن إحداثه بدوران الدالة التالية حول حول المحور السيني.

$$f(x) = 1/x \text{ for } x \in \text{ of } [1,\infty]$$

لقد شرح جون دي فليس (John de phillis) في كتابه الموسوم (777 رياضيا فصيحا) وبطريقة رياضية فذة ومفهومة إمكانية صب الطلاء الأحمر في (بوق تورشيلي) حتى امتلائه وبإثباته ذلك استطاع أن يطلي داخل البوق (اللانهائي المساحة) بكمية (نهائية) من جزيئات الطلاء. أما اليوم فبإمكاننا فهم حل هذه المتناقضة إذا ما تذكرنا أن (بوق تورشيلي) ما هو إلا جســم رياضي وأن العدد (المحــدود) من جزيئات الطلاء التي صبــت داخله وملأته هي في الحقيقة تقريب رياضي لمجموع النقاط التي تمثل حجمه المحدود.

لقد بُهــر (تورشيلي) باكتشافه لذلك الجسم (الأعجوبــة) ذي الطول والمساحة السطحية اللانهائيــين وذي الحجــم المحدود، وثبتهــا كمتناقضة بالنظر لحقيقة عدم تمكنــه من أدوات

(1) صور أو بوق تورشيلي: Torricelli's Trumpet أو ما يسمى أيضا بصور جبرائيل عليه الســلام (Gabriel's Horn) هــو الشــكل الرياضي الذي ابتدعه (ايفانجلستــا تورشيلي) ذو الحجم المحدود والمساحة اللانهائية والــذي استمد تسميته الثانية من حقيقة نفخ الصور يوم القيامة. أمكن التوصل إلى هذه الموضوعة باستخدام مبدأ كافاليري(Cavelieri's Principle) قبل ابتكار حساب التفاضل والتكامل والتي يمكن استخدامها اليوم لحساب كل من حجم ومساحة البوق ما بين X =1 و X = a عندما يكون a > 1 باستخدام حساب التكامل حيث يمكن حساب حجم البوق V ومساحته A كالتالي:

$$V = \pi \int_1^a \frac{1}{x^2}\, dx = \pi\left(1 - \frac{1}{a}\right)$$

$$A = 2\pi \int_1^a \frac{\sqrt{1 + 1/x^4}}{x}\, dx > 2\pi \int_1^a \frac{1}{x}\, dx = 2\pi \ln a$$

وباستخدام مفهوم النهايات في الهندسة التحليلية يمكن كتابة:

$$\lim_{a \to \infty} \pi\left(1 - {}^{1}/_{a}\right) = \pi$$

حســاب التفاضل والتكامل التي يمكن بواسطتها فهم مثل هذه الأجسام. ويُذكر (تورشيلي) اليوم في سجل العظماء إضافة لما سبق، بفضله وعمله في مجال الرصد والفلك جنبا إلى جنب مع (غاليليو).

ولأولئك الذين شد بوق تورشيلي انتباههم أسوق لهم المسألة التالية أملا في تمتعهم بحلها:

احسب قيم a ضمن الدالة:

$$f(x) = 1/x^a$$

والتي تنتج بوقا بحجم محدود ومساحة لا نهائية.

الفصل الثاني

قوانين الحقبة الزمنية

(1700 - 1800)

القرن الثامن عشر الميلادي
قاعدة موبرتو للفعل الأدنى

MAUPERTUIS'S RULE OF LEAST ACTION

قاعدة خاصة بعلم الفيزياء اكتشفها عام (1746) الرياضي الفرنسي [ببير - لوي مورو دوموبرتو (1698_1759) Pierre _ Louis Moreau de Maupertuis]

لقد قال (موبرتو) باقتصاد الطبيعة في كافة أفعالها حيث تنص قاعدته على **وجوب إتمام كافة الأحداث في الطبيعة بصرف أقل قدر ممكن من الطاقة لإنجازها**. ولقد أثبتت التجارب والقياسات والأحداث صحة هذه الفرضية التي غالبا ما يطلق عليها (مبدأ الفعل الأدنى)، فلقد تمكن (موبرتو) من استنتاج قوانين انعكاس وانكسار الضوء بالاعتماد على موضوعته تلك كما استطاع أن يثبت أن الطبيعة بقيامها بأي من أفعالها وظواهرها لابد وأن تسلك أسهل وأقصر السبل لذلك. نشر (موبرتو) قانونه العام للحركة والتوازن في عام (1746) والذي يمكن تلخيصه بحقيقة اعتبار أن أي حدث يمكن أن يتم في الطبيعة ما هو إلا نوع من (التغيير) فيها، وبالتالي فإن مقدار أو كمية الطاقة اللازمة لإحداث ذلك التغيير أو الحدث لابد وأن تكون في نهايتها الدنيا أي بأقل مقدار ممكن منها. أما كمية الفعل فتساوي رياضيا حاصل ضرب كتلة أي جسم في سرعته في المسافة اللازمة لتحريكه لإنجاز عمل ما.

(انظر موسوعة الرياضيات لميشيل هيزونكل – Michiel Hazewinkel)

آمن (موبرتو) إيمانا قاطعا بأن قانونه كوني قابل للتطبيق على نطاق الطبيعة ومجمل الأرض بل وحتى في عموم الكون، وإليك ما نقله عنه (مورس كلاين – Moris Kline) في كتابه الموسوم (الرياضيات والعالم الفيزيائي).

> **((لاشك بأن كافة قوانين الحركة والسكون والتي يمكن اشتقاقها من مبدأ – الفعل الأدنى – هذا لابد وأن تكون واحدة متطابقة مع كافة الأحداث في الطبيعة وبإمكاننا الاطمئنان إلى صحتها، وإني على يقين بأن كافة الظواهر الطبيعية ابتداء من حركة**

الحيوانات إلى مراحل نمو النباتات مرورا بكافة التفاعلات الكيمياوية والأنواء الجوية لا تمثل إلا جانبا بسيطا من تطبيقاته. وما يدعو حقا إلى الدهشة في هذا المجال هو أن هذا الكون على عظمتـه وعلى روعة إبداعه وجمال خلقه وتناسـق أجزائه وروعة زواياه (والتي أستطيع اعتباره - بحق - كتابا مفتوحا لا يفتر عن التسـبيح باسـم خالقه (عز وجل) تراه ينقاد بسهولة ملفتة إلى أبسط المعطيات الرياضية ويمكن أن تطبق عليه وفيه مجموعة صغيرة من القوانين البسيطة)).

قانون رختر للتفاعلات الكيمياوية

RICHTER'S LAW OF CHEMICAL REATIONS

قانون خاص بعلم الكيمياء اكتشفه عام (1791) الكيميائي الفرنسي [جرميا ريختر JERMIAS RICHTER (1762-1807)]

ينص هذا القانون على أن **وزنا معياريا واحدا من أي حامض، لابد وأن يعادل بالضبط وزن معيار واحد من أية قاعدة**، وبعبارة أعم فان ما اكتشفه (ريختر) يعني تساوي نسب الأوزان المعيارية للمركبات المشتركة في أي تفاعل كيماوي، فعلى سبيل المثال يعادل (615) جزءا وزنيا من مادة أوكسيد المغنيسيوم (MgO) والمسمى بالمغنيسيا ويتفاعل بالكامل مع (1000) جزءاً وزنياً من حامض الكبريتيك.

لقد تمكن (ريختر) من تأليف ونشر كتابين حول مبادئ وأسس (Stoichiometry)[1] وتعني العلاقة الكمية بين المواد المتفاعلة والمواد الناتجة عنها في أي تفاعل كيميائي. أما أهم ما ميز حياته العلمية فهو بدايته كمهندس في قسم المناجم في مقاطعة (Silesia) سليسيا، ثم عين بعد ذلك ككيميائي في مصانع خزف مدينة (برلين)، ولقد نجح (ريختر) في التعبير عن آرائه ومجمل ما يؤمن به في كتاب أسماه: (Anfangsgrunde dex Stochiometrie) وخلاصته هي إمكانية اختزال مجمل وتفاصيل علم الكيمياء وإمكانية التعبير عنه بنظام رياضي محكم. (انظر كتاب تطور الكيمياء الحديثة) لمؤلفه (ارون ج. هد Aaron J. Ihde).

(1) Stoichiometry -- وقد يلحق به مصطلح التفاعل (Reaction) أو التركيب (Composition)، وهو ذلك الجزء من علم الكيمياء والفيزيائية الذي يعنى بالعلاقات الحسابية والكمية ما بين المواد المتفاعلة والمواد الناتجة في أي تفاعل كيميائي متوازن، ويستعمل لحساب الكميات الناتجة من المواد المتفاعلة و/أو بالعكس. (المترجم).

الفصل الثالث

قوانين الحقبة الزمنية

(1800-1900)

القرن التاسع عشر الميلادي

قانون مالو لاستقطاب الضوء - Malus's Law of Polarization

قانون خاص بعلم البصريات اكتشفه عام (1809) الفيزيائي الفرنسي ايتين لوي مالو [Etienne Louis Malus (1775-1812)]

ينص هذا القانون على **أن شدة الضوء المنبعث (I) من حاجز مستقطب يقطع مسار شعاع ضوئي ذي استقطاب مستو وبشدة أولية مقدارها (I_0) سيساوي شدة الضوء الأولية (I_0) مضروبة بمربع جيب تمام الزاوية الفاصلة بين مستويي الاستقطاب**، ويمكن كتابة هذا القانون رياضيا على الشكل التالي:

$$I = I_0 \cos^2 \theta$$

ولفهم هذه المعادلة، دعنا نصف التجربة التي تحققها وعلى الوجه التالي: يمرر شعاع ضوئي اعتيادي (غير مستقطب) عبر حاجزين مستقطبين يسمى الأول - بالمستقطب - والثاني - بالمحلل - يفسر (قانون مالو) شدة الضوء الناتج بعد مرور شعاع الضوء الاعتيادي عبر الحاجزين بدلالة جيب تمام الزاوية الفاصلة بينهما.

لا يمكن اليوم فهم المنطق الذي دفع (مالو) إلى التفكير لوضع قانونه ولا الطريقة التي أوصلته إليه، فلقد جاء في كتاب (جد بشوالد - Jed Buchwald) الموسوم (بزوغ النظرية الموجية للضوء: نظريات وتجارب في علم البصريات في بداية القرن التاسع عشر) ما يلي: (لم يكتشف (مالو) قانونه من خلال قيامه بالحسابات المستندة إلى تصرف الجزيئات أو القوى، كما لم يظهر من التمحيص التاريخي بأنه كان قد اكتشفه من خلال ربط ملاحظاته الناتجة عن اختلاف قيم معاملات الانكسار، فضلا عن عدم امتلاكه - حينذاك - أو حيازته لأي وسيلة لقياس شدة الضوء. لقد سارعت منية (مالو) إلى موافاته قبل أن ينتهي من صياغة أفكاره التي أوصلته إلى اكتشاف هذا القانون أو أن يتمكن من شرحها، ولكن مع ذلك لا يزال هذا القانون يحمل اسمه رغم اندثار السُبل التي قادته إليه.

قانون بل - ماجندي لفعل الأعصاب

The Bell-Mageadie Law of Nerve Function

قانون خاص بفسلجة الأعصاب وضعه عام (1811) كل من عالم التشريح الأسكتلندي [السر شارل بل (1774_ 1842) Charles Bell] واختصاصي علم وظائف الأعضاء الفرنسي [فرانسوا ماجندي (1783_1842) Francyois Magendie]

وينص على ما يلي: **تعمل جذور الأعصاب الشوكية الموجودة على الجانب البطني (أي بالقرب من بطن الكائن) على نقل الإيعازات العصبية الحركية، في حين تعمل جذور الأعصاب الشوكية الموجودة على الجانب الظهري (أي بالقرب من ظهر الكائن) على نقل الإيعازات العصبية الحسية.** لقد توصل (السر بل) إلى صياغة قانونه هذا بعد إجراء العديد من الدراسات والتجارب على الحيوانات، حيث قام بقطع بعض أعصابها وملاحظة تصرفاتها وردود أفعالها وهي حية. وبالنظر لأهمية هذه النتائج فقد درسها العديد من العلماء والمختصين بعلم الحيوان وعلم وظائف الأعضاء بعده، ومنهم كل من (ارون ا. ترودي-Irwin A. Brody) و (روبرت هـ. ولكنز - Robert H. Wilkins) اللذان اعادا صياغة هذا القانون وتمكنا من نشره في الدورية العلمية المسماة (Neurelogicel Classics) على الشكل التالي: **تدخل الأعصاب الحسية إلى الحبل الشوكي عن طريق الجذور الخلفية (الظهرية) و تغادره الأعصاب الحركية عن طريق الجذور الأمامية (البطنية).**

لقد ناقش الكاتب والعالم (ادوارد س. ريد - Adward S. Reed) في كتابه الموسوم: [من الروح حتى العقل والإرادة: قصة ظهور علم النفس من (ارازمس دارون) حتى (وليم جيمس)] إمكانية أن يكون هذا القانون هو ما عجل بظهور فكرة كون الدماغ هو المسؤول عن استلام ومعالجة مجمل السيالات العصبية الواردة من النخاع الشوكي وترجمتها إلى إشارات وأوامر، كما ولابد أن يرجعها من خلاله إلى بقية الأعضاء الجسمية التي يمكن أن تكون قد وردت إليها أو صدرت عنها، وعليه استنتج (ريد) أنه لابد وأن يكون مركز الإرادة للفعل والإحساس متوضعاً في الدماغ كمركز للسيطرة على كافة فعاليات الجسم.

ومـن الجديـر بالذكر هنـا أن مجمل التجـارب التي سبق وأن قـام بها (السر شـارل بل) على الحيوانات بقطع أعصابها ومراقبة ردود أفعالها ومشاهدة تألمها وتصرفاتها وهي حية تتلوى، هي التـي أدت إلى ظهور قانون (بل – ماجندي) عام (1811)، كما أدت أيضا وفي العام (1824) إلى ظهور أول جمعية رسمية لمناهضة ومنع سوء معاملة الحيوان وممارسة العنف بحقه في إنكلترا.

قانون فون همبلت لخطوط الأشجار

Von Humboldt's Law of Tree Lines

قانون خاص بعلم النبات (والذي يكون مع علم الحيوان، علم الأحياء) اكتشفه عام (1817) **المكتشف وعالم الطبيعة الألماني [الكساندر فون همبلت** (1769-1859) Alexander Von Humboldt]

وينص على **انخفاض مستوى خطوط الأشجار كلما أمعنا السير باتجاه خطوط العرض العليا - بعيدا عن خط الاستواء - بالاتجاهين الشمالي والجنوبي**، وقد يطلق على خط الأشجار هذا اسم (خط التنبر - Timber line) ويمثل نهاية الخط الجغرافي الذي تستطيع الأشجار أن تنمو داخل نطاقه، وذلك يعود في الغالب الأعم إلى الظروف الجوية غير الملائمة لنموها كالبرودة القارسة وشدة الرياح وشحة الأمطار، كما وقد يحد (خط نمو الأشجار) هذا حاجزا مائيا طبيعيا هائلا كما يحدث عند سواحل البحار أو برودة متناهية كما هو الحال فوق منطقة الدائرتين القطبيتين الشمالية والجنوبية.

لقد عمد (فون همبلت) وخلال الفترة الواقعة بين عامي (1799 و، 1804) إلى السفر والتجوال عبر سهوب واكتشاف مناطق جنوب ووسط أمريكا الشمالية وكان بذلك أول اختصاصي في علم الطبيعة، وأول مكتشف ينجح في تسجيل كافة ملاحظاته ومشاهداته عن تلك الأماكن والأصقاع بطريقة علمية بحثية دقيقة.

كما نجح بكتابة ونشر ملاحظاته الفصلية عبر فترة زمنية فاقت الواحد والعشرين عاما وضمها بسِفْر ضخم حوى العديد من الأجزاء، أما خلال طفولته فلقد تمتع (همبلت) بقابلية هائلة وولع شديد بجمع وتأشير وشرح وتصنيف كل ما وقع عليه بصره وطالته يداه مع ولع كبير وتركيز بين على نماذج الأحجار والأصداف والنباتات والحشرات.

قوانين فرسنل - أراكو في البصريات

The Fresnel-Arago Law of Optics

قوانين خاصة بعلم البصريات اكتشفها عام (1819) الفيزيائيان الفرنسيان

[اوكستين فرسنل (1788_1827) Augestin Fresnel]

و [دومنيك اراكو (1786_1853) Dominique Arago]

اختصت مجموعة القوانين التي وضعها المكتشفان المذكوران بتسمية وتعداد كافة الحالات والمواضع التي وصفاهـا لشعاعين ضوئيين مستقطبين والتي تمكنهما معا من تكوين (حزوز تداخل) على حاجز موضوع أمامهما. أما مثالي طرفي النقيض لمجموعة هذه الحالات والتي يمكـن أن تقع كافة الاحتمالات الأخرى ضمنهما فتتراوح ما بين استحالة تكوين أي حزوز تداخـل بواسطة شعاعين ضوئيـين مستقطبين بمستويين متعامدين، مـن جهة وبين التصرف الطبيعي لشعاع ضوء عادي بواسطة شعاعين ضوئيين مستقطبين بمستويين متطابقين من جهة ثانية.

قانون مشرلخ لتماثل الأشكال البلورية

Mitcherlich's Law of Isomorphism

قانون خاص بعلم الكيمياء البلورية اكتشفه عام (1821) الكيميائي الألماني [الهارد مشرلخ (Eilhard Mitcherlich (1794-1863]

وينص هذا القانون على **تماثل التراكيب الكيمياوية للمواد التي لها قابلية التبلور بذات الأشكال**، ويوظف هذا القانون لاقتراح وإثبات الصيغ الكيميائية الأكثر احتمالا للمواد التي يصدف أن يوجد لها شبيه بلوري مؤكد، فعلى سبيل المثال، تتماثل أشكال بلورات مادة أوكسيد الكروم مع أشكال بلورات أوكسيد الحديديك (Fe_2O_3) الأمر الذي يمكن من خلاله توقع وكتابة صيغتها الكيميائية (المماثلة) فتكون (Cr_2O_3).

لقد كان (مشرلخ) رائدا عالما من رواد النهضة والتجديد فلقد نذر نفسه وشبابه لدراسة وإحياء النصوص واللغات القديمة حتى أصبح حجة موثوقة واختصاصا لامعا في اللغة الفارسية.

مبدأ هملتن للأنظمة الحركية

Hamilton's Principle of Dynamical Systeins

مبدأ خاص بعلم الفيزياء اكتشفه عام (1835) الرياضي الأيرلندي [السر وليم روان هملتن (1805-1865) Sir William Rawan Hamilton]

شرحت (جنيفر بوثملي – Jennifer Bothamley) في (معجم سير العلماء الذاتية) مبدأ (هملتن) على الوجه التالي: لابد وأن يكون تطور أي نظام من الزمن (t_1) إلى الزمن (t_2) بطريقة يكون معها الفعل س ($t_2 - t_1$) على أقل ما يمكن بالنسبة للتغيرات العشوائية الصغيرة في مساره، أما (دير ا. ويلز – Dare A. Wells) فقد بينت في كتابها الموسوم (ملخصات – شوم – للتحركات اللاكرانجية Schaum's Outline of Lagrangian Dynamics)[1] أهمية هذا المبدأ والدور المهم الذي لعبه في تطور ميكانيكا الكم.

لقد بدأ (هملتن) حياته طفلا غير اعتيادي لا يشبه غيره من الأطفال فلقد تعلم العبرية وأجاد نطقها عند بلوغه السابعة من عمره ثم تمكن من امتلاك ناصية العديد من اللغات الشرقية القديمة والحديثة كالعربية والفارسية والهندية والسنسكريتية والملايية، ولما يبلغ الثالثة عشرة من عمره. لقد نقل (بيتر غوثري تيت – Peter Guthrie Tait) في كتابه (أوراق علمية) ما قاله (وليم ادون هملتن – William Edwin Hamilton) الابن الأكبر لـ (هملتن) عن أبيه بأنه: (كان غالباً ما يحمل – قطاراً – طويلاً وسلسلة لا نهاية لها من الأفكار في داخل رأسه، ليس أقلها شأناً حساباته الجبرية والرياضية والتي يتمتع خلال تفكيره بها بحالة من (الغيبوبة) عما حوله وتعاف نفسه كل الحاجات الضرورية حتى تلك اللازمة للحياة كالطعام.

(1) التحركات اللاكرانجية (Lagrangian Dynamics) أو الميكانيكا اللاكرانجية (Lagrangian Mechanics) هو المصطلح المسمى باسم (Joseph Louis Lagrange) جوزف لوي لاكرانج ويعني الداله التي تلخص (مقدار وحركية) أي نظام. وفي علم الميكانيكا التقليدي تعرف بأنها حاصل طرح الطاقة الكامنة لأي نظام من مقدار طاقته الحركية ويمكن التعبير عن ذلك رياضياً بـ ($L = T - V$) حيث (L) هي (لاكرانجية النظام) و (T) هي مقدار طاقته الحركية و (V) هي مقدار طاقته الكامنة. (المترجم).

وكنا – خوفاً عليه من التضور جوعاً – غالبا ما ندفع له إلى غرفة مكتبه خلال خلوته صحناً، أو – وجبةً خفيفةً – من شرائح اللحم أو قطع الخبز ونتركها بين يديه، ولا نلاحظ وبعد فترة طويلة من الزمان إلا قضمة هنا أو نتفة هناك، هي كل ما أكل من وجبته خلال اليوم...، ثم تراه سرعان ما يعود بعدها إلى سموه وخلوته بتركيز أشد وتفكير أعمق.

مبدأ استطارة أو حيود الضوء لبابنيه

Babinet's Principle of Diffraction

مبدأ خاص بعلم الفيزياء توصل إليه عام (1838) الفيزيائي الفرنسي [جاك بابنيه (1872-1794) Jacyues Babinet]

لقد فسرت (جنفر بوثملي – Jennifer Bothamley) في كتابها الثمين (معجم سير العلماء الذاتيــة) (مبدأ بابنيه) بأنه ذاك الــذي يفسر التأثير التكميلي لشاشات الاستطــارة[1] على الأشعة الكهرو مغناطيسية. ولتحقيق الفهــم الكامل لهذا المبدأ لابد لنا أن نفترض أولا شاشتي استطارة (ش1) و (ش2) واللتين تمتازان بتكاملهما (الواحدة نسبة إلى الأخرى) بحيث يتم صناعة الشاشة (شــ1) بطريقة يجعلها تحتوي على كافة المناطق المعتمــة الموجودة في الشاشة (ش2) على شكل مناطق شفافة، كما تحتوي كافة المناطق الشفافة في الشاشة (ش1) على شكل مناطق معتمة.

ولفهــم المقصود من هذا المبدأ، لابد لنا من الاطــلاع على تفسيره من قبل عدد من العلماء المختصين في هذا الموضوع، فلقد فسر (صموئيل سلفر – Samuel Silver) مبدأ (استطارة بابنيه) فــي كتابــه الموسوم (نظرية وتصميم هوائيات الموجات الميكروية).بما يلي:

[ينص مبدأ (بصريات بابنيــه) الخاص باســتطارة (أو حيود) الموجات الكهرومغناطيســية على أن حاصــل جمع الحقلين الكهربائي والمغناطيســي المتكاملين والمتعامدين والناتجين من إمرار تلك الموجات عبر شاشــتي اســتطارة متكاملتين – وفي أي نقطة لابد وأن يســاوي مقدار قوة ويطابق شكل الموجات الأصلية التي ولدتهما قبل إمرارها عبر أي من شاشتي الاستطارة المفترضتين].

أما (ديبــاك ك. باسو – Dipakk K. Basu) في كتابه الموسوم (معجم الفيزيــاء النظرية والتطبيقيــة) فقد وضــح المبدأ المذكور بالشكل التالي: [**لنفترض وجود شاشــة مســطحة معتمة،**

(1) شاشــات الاستطــارة – أو محــزرات الحيــود – Diffraction Slits هي عبارة عــن شاشات أو مسطحــات تحوي فتحات صغيرة جدا أو حزوز تقارب بأبعادها الأطوال الموجية للموجات الكهرومغناطيسية وتمكن من مرور أحد جزأيها أما الكهربائي أو المغناطيسي خلالها. (المترجم).

في المستوى السيني الصادي لها مساحة سطحية تساوي(Am) تحتوي على ثقب دائري في وسطها مساحته Ao، تُعَرّف الشاشة المكملة لشاشتنا السابقة بأنها تلك التي لها مساحة سطحية مقدارها (Ao) والتي يمكنها أن تحجب الثقب الدائري (ذا المساحة Ao) والموجود في الشاشة الأولى، كما أنها ذاتها تحتوي على ثقب دائري في محيطها تبلغ مساحته (Am). والآن إذا ما تطابقت الشاشتان وسلط عليهما حقل كهرومغناطيسي أولي (ولنقل شعاع ضوء لتبسيط الموضوع) مصدره الجهة السالبة من المحور العيني (ع) العمودي على المستوى (س، ص) فسيؤدي ذلك إلى ظهور حقل الاستطارة الأول وهو (ح1) بعد عبور الشعاع للشاشة الأولى وظهور حقل الاستطارة الثاني وهو (ح2) بعد عبور الشعاع للشاشة الثانية بعد استقطابه الثاني على الجهة المقابلة (الموجبة) من المحور العيني. ينص مبدأ (بابنيه) في هذه الحالة على مساواة الحقل (الكهرومغناطيسي) المستقطب مرتين والناتج من مجموع كلا الحقلين (ح1) و (ح2) وفي أي نقطة بعد مستوى الشاشتين لعين قوة المصدر الأصلي المنبعث قبلهما (أي وكأن تأثير الثانية قد محا تأثير الأولى - أو كأنهما لم توضعا في مسار الضوء المنبعث أصلا].

بإمكاننا اختصار مبدأ (بابنيه) فيما يخص تطبيقاته الكهرومغناطيسية والصوتية بالقول على تأكيده بأن (العيوب) التي تؤدي إلى استطارة أو حيود الموجة والموجودة في محزز الحيود (م) والحاوي على الحزوز (ح) تصحح (عيوب) الاستطارة لمحزز الحيود الثاني (المكمل) للأول بحيث يتصرف وكأنه محزز حيود (ح) والحاوي على الحزوز (م).

(راجع كتاب - كرستوفر م. لنتون - Christopher M. Linton وفلب مكآفر - Phillip Mc Iver) المعنون: (ملخص التقنية الرياضية لتعامل الأمواج مع الأشكال).

وفي الختام وكآخر توضيح لهذا القانون لك أن تتصور لوحتين خشبيتين متكاملتين (ا) و (ب) بحيث لا تحتوي اللوحة (ا) إلا على ثقب واحد ولا تحتوي اللوحة (ب) إلا على سدادة بحجمه، والآن إذا ما جمعناهما معا فلن يستطيع أي ضوء المرور خلالهما. هذا ويوضح لنا (مبدأ بابنيه) بشأن تصرف الشاشات المتكاملة ودورهما في توليد نماذج الضوء المستطار.

(انظر كتاب كارل ديتر مولر - Karl Dieter Moller المعنون: علم البصريات، التعلم بالحاسوب مع أمثلة قياسية باستخدام Maple ، Mathamatica ، MAT;AB، Math Cad).

قانون هس لثابت الحرارة

Hess's Law of Heat Constant

قانون خاص بعلم الكيمياء اكتشفه عام (1840) الكيميائي الروسي: سويسري المولد [جرمين هنري هس (Germain Henri Hess (1802_1850]

يستعمل هذا القانون لاستنتاج التغير في مقدار الحرارة (ΔH) في التفاعلات الكيمياوية والتي يصطلح عليه اسم (الانثالبية – Enthalpy).

ويستنتج من هذا القانون بأن كمية التغير العام في مقدار الحرارة لتفاعل ما، لابد وأن تكون ثابتة بغض النظر عن عدد الخطوات الموصلة إلى ناتجه النهائي. أي أن (انثالبية) أي تفاعل لابد وأن تساوي (حاصل جمع انثالبية) كل خطوة من خطواته قلت أم كثرت.

لقد بين (راندل ك. نون – Randall K. Noon) في كتابه – التحليل الهندسي لتصرف النيران والمتفجرات – بأن لقانون (هس) نتائج مهمة جدا لأنه يتضمن حقيقة التعامل مع معادلات حرارة التكوين وحرارة الاحتراق بطريقة جبرية لحساب أي منهما، لأي مادة من المواد المجهولة والتي لم يسبق أن تم حساب قيمتها بصورة تجريبية في المختبر، كما لاحظ كل من (ج. ا. مكلين – J. A. Maclean) و (ج. توبن – G. Tobin) في كتابهما – القياسات الحرارية للإنسان والحيوان – وحسب قانون (هس) أيضا، عدم اعتماد مقدار الحرارة الناتجة عن سلسلة من التفاعلات على سبيل سيرها ولا عدد مراحلها، وإنما تعتمد على نتائجها النهائية فحسب. وبناء على ما سبق وبالاستعانة بمبدأ (حفظ الطاقة)، امكن الاستنتاج والتأكد من حقيقة أن مقدار الحرارة الناتجة عن السلسلة المعقدة من التفاعلات الكيمياوية – الحيوية والتي تصف وتحدد طريقة (هضم الغذاء) واستخلاص طاقته منه داخل الجسم الحي (بشريا كان أم حيوانيا) تساوي ذات كمية الحرارة الناتجة عن سلسلة الحسابات الكيمياوية الناتجة من تحويل ذات الكمية من عين الطعام إلى نواتجها النهائية وذلك عن طريق حرقها تجريبيا في المختبر.

قاعدة بركمن لأحجام أنواع الحيوانات

Bergmann's Rule of Species Sizes

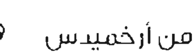
قاعدة تخص علم الأحياء اكتشفها عام (1847) عالم الأحياء الألماني [كرستيان بركمن Christian Bergmann (1814-1865)]

تنص هذه القاعدة على أن **معدل حجم أي فصيلة أو نوع من الحيوانات يميل إلى الصغر كلما عاش في مناطق أدفأ على وجه الأرض، كما يميل حجمها إلى الكبر كلما عاشت في مناطق أكثر برودة عليها**. ويعود سبب ذلك إلى صغر نسبة مساحة جسم الحيوان السطحية إلى حجمه كلما كبر، وكبرها كلما صغر وتنعكس هذه الحقيقة إيجابيا على احتفاظ أجسام الحيوانات الكبيرة بدفئها مما يؤهلها طبيعياً للمعيشة في الأصقاع الباردة، ولعل من المفيد ملاحظة حقيقة انطباق هذا التصور على فئات الطيور وأنواعها إضافة إلى انطباقه على أصناف اللبائن وفصائلها.

ذكر (جم زمبو – Jim Zumbo) في كتابه الموسوم (صيد الـ Elk)، أن أجسام الـ Elk[1] التي تعيش في مناطق الكرة الأرضية الشمالية الباردة، لابد وأن تكون أكبر حجما من مثيلاتها التي تعيش في مناطق الكرة الأرضية الأكثر دفئا وذلك حسب (قاعدة بركمن) وفسر ذلك لصالح بقاء الحيوان واحتفاظه بكمية أكبر من الحرارة (أي فقدان كمية أقل منها من وحدة المساحة السطحية لجسمه).

كما لاحظت (كارول هندرسن – Carrol Henderson) في كتابها – مرشد الحياة البرية في كوستاريكا – بأن حيوانات (الراكون و Cougars) وهو (حيوان البوما – تلفظ بالباء المفخّمة –، أو أسد الجبل أو قطة الجبل أو البانثر Panther) والغزلان ذوات الذيل الأبيض تمثل نموذجا واضحا (**لقانون بركمن**) كذلك في ذلك البلد. وعليه فإن أحجام

(1) Elk – أو Wapiti واسمه العلمي (Cervus Canadensis) – هو أكبر أنواع الغزلان المعروفة في العالم ومن أكبر الثدييات الموجودة في مناطق أمريكا الشمالية وآسيا الشرقية وقد يسمى (بالايل). (المترجم).



الغـزلان التي تعيش قرب خط الاستواء لابد وأن تكـون أصغر حجما من مثيلاتها من نفس النـوع واللائي يعشن في مناطق أكثر برودة بعيدة عنه وأكثر قربا من المناطق المعتدلة الشمالية والجنوبية والمناطق الباردة.

قانون كلادستون - ديل لانكسار الضوء

The Gladstone - Dale Law of Refraction

قانون خاص بعلمي الفيزياء والكيمياء اكتشفه عام (1858) كل من الكيميائيين الإنكليزيين:

(جون هول كلادستون (1827_1902) John Hall Gladstone)

و (ت. ب. ديل _ T. B. Dale)

وينص هذا القانون على **تناسب معامل الانكسار الضوئي لأي غاز طرديا مع كثافته عند ثبوت درجة حرارته**، ويعبر عن هذا القانون رياضيا بالمعادلة التالية:

$$(n - 1)/\rho = k$$

حيث يمثل (n) معامل الانكسار الضوئي لغاز معين ويمثل (ρ) كثافته و(k) ثابت العلاقة.

لقد عاش (كولدستون) حياته متدينا تدينا شديدا و امتاز بإيمانه العميق وإصراره على عدم تناقض المسيحية مع العلم، ولقد استند إلى النصوص التوراتية عند تأليفه لكتابه الموسوم (نقاط الصدام المفترضة بين المتدينين و العلوم الطبيعية) والذي جاء فيه:

> **(لطالما بحث (المتشككون) في زوايا ثكنات العلم وما بين خفايا ترسانته عما يّشاقون به قوى الإيمان وما جاء به الكتاب المقدس. وقد مرت بعض الأوقات التي شعر فيها المدافعون عن حصون العقيدة بالحرج وأحسوا بالخطر، كما مرت فترات أكثر أو شك فيها (المارقون) على نفخ أبواق نصرهم الذي تمنوه. نعم لابد من الاعتراف بسقوط بعض الحصون هنا واحتلال بعض الأراضي هناك (على مستوى التفكير والأعمال الفانية) ولكن مما لاشك فيه أن قلعة الإيمان الإلهية ظلت وستظل صامدة ولم تثبت توالي الغزوات وتكرر الهجمات عليها إلا مناعة أسوارها وثبات أسسها وشموخ أبراجها).**

قانون كوب لحفظ السعة الحرارية

Kopp’s Law of Heat Copacity

قانون خاص بعلم الكيمياء اكتشفه عام (1864) الكيميائي الألماني [هرمن فرانز مورتز كوب Hermann Franz Moritz Kopp (1817_1892)]

ينص على **أن مجمل السعة المعيارية الحرارية لمركب صلب تساوي (تقريبا) حاصل جمع السعات الحرارية الذرية لكافة مكوناته.** وهناك العديد من القوانين ذوات العلاقة بقانوننا هذا والتي تفسر السعة الحرارية مثل قانون (نيومن – كوب – Neumann – Kopp) المكتشف عام (1831) و(قانون نيومن) المكتشف في نفس العام من قبل الكيميائي الألماني [فرانز نيومن Franz Neumann (1798–1895)].

لقد امتاز (كوب) هذا بكونه كاتبا ومؤرخا مرموقا، إضافة إلى كونه كيميائيا فذا عشق صنعته حتى لُقب (بعظيم مؤرخي الكيمياء) بلا منازع بالنظر لإسهاماته الكثيرة والموثوقة في التأليف في حقل تاريخ الكيمياء، ومنها نشره لموسوعته الضخمة بعنوان (تاريخ الكيمياء) التي جاءت في أربعة مجلدات ضخمة، أضاف إليها فيما بعد أربعة أجزاء أخرى وملاحق مفصلة. كما تمكن من تأليف ونشر كتاب آخر بعنوان (تطور الكيمياء في التاريخ القريب) كما نشر في جزأين كبيرين كتابا مهماً بعنوان (علم الخيمياء[1] في غابر العصور وحاضرها).

(1) راجع تعريف ومعنى هذه الكلمة على صفحة (210) من هذا الكتاب. (المترجم).

قاعدة ماتهيزن للمقاومة الكهربائية

Matthiessen's Rule of Electrical Resistivity

قاعدة فيزيائية اكتشفها عام (1864) الفيزيائي الإنكليزي [أغسطس ماتهيزن (1831 ـ 1870) Augustus Matthiessen]

تنص على **أن مقاومة أي فلز (يحوي على شوائب من أي مادة أخرى داخله) للكهربائية المارة خلاله، لابـد وأن تكون أكبر من مقاومة مرور ذات الكمية من الكهربائية خلال عين المقدار من نفس مادة الفلز النقي تماما.**

شرح (جيرارد د. ماهان – Gerald D. Mahan) في كتابه الذي يحمل عنوان (الفيزياء متعددة الجزيئات – Many Particles Physics) هذه الظاهرة بقوله: (إن منشأ مقاومة المواد الموصلة للكهربائية المارة خلالها – ولنأخذ الفلزات كمثال على ذلك – لابد وأن تنشأ من ظاهرة تشتت الإلكترونات المارة بفعل اصطدامها بالشوائب الموجودة داخلها من جهة، ولإعاقة مرورها من قبل الإلكترونات المنطلقة من أصل مادة الفلز، والتي ينجلي تأثيرها ويبين عنـد تسخين هـذا الموصل إلى درجات حرارية عالية جدا من جهـة ثانية، هذا وتؤكد قاعدة (ماتهيزن) السابق شرحها على خاصية تراكم وتظافر العاملين السابقين وتأثيرهما سلبيا على قابليـة التوصيل الكهربائي للفلز المعنـي أو أي مادة موصلة أخرى مهما كانت، رغم إقرارها الصريح بوجود العديد من الحالات والمواد التي تشذ في تصرفها هذا عنها.

قانون لزوجة الغازات لماكسويل

Maxwell's Law of Gas Viscosity

قانون فيزيائي توصل إلى وضعه عام (1866) الفيزيائي السكوتلاندي
[**جيمس كلارك ماكسويل** (1831 ـ 1879) james Clark Maxwell]

وينص على **عدم اعتماد معامل لزوجة غاز ما على كثافته أو على ضغطه، شرط إجراء التجارب المتعلقة بهذه الحقيقة في ظروف حرارية ثابتة، كما ويشترط في دقة نتائجه احتفاظ الغاز المعني بضغطه بعيدا عن النهايات المتطرفة زيادة أو نقصانا.**

فسر (فلوريان كاجوري – Florian Cajori) في كتابه الذي صدر بعنوان (تاريخ الرياضيات – A History of Mathematics) بعض آراء (ماكسويل) وتنبؤاته على أنها تؤكد انعدام تأثير تغيير ضغط غاز ما على أي من معاملي لزوجته أو توصيله للحرارة مادام ذلك الغاز خاضعا منقادا في تصرفه إلى ما ينص عليه (قانون بويل – Boyle's Law) للغازات. أما (ماكسويل) فقد تمكن من الاستنتاج كذلك، بل وأيقن بضرورة تناسب معامل لزوجة الغازات مع الجذر التربيعي لدرجة حرارتها المطلقة – مقاسة بدرجات حرارة كالفن – الأمر الذي جعله ملزما بتحوير لب وأسس نظريته في (حركية الغازات) وذلك بافتراضه وجود شيء من القوى النافرة والتي لا مناص من تواجدها ما بين جزيئات أي غاز والتي تعمل جاهدة على إبعادها عن بعضها البعض، على أن تؤثر بفعالية قصوى ما دامت المسافات بينها قصيرة وقصيرة جدا بحيث افترض هو، وأثبتت التجارب اللاحقة أنها (أي تلك القوى النافرة) تتناسب عكسيا مع القوى الخامسة لمقدار المسافة الفاصلة بين جزيئات الغاز المعنية.

مبدأ برتلو - تومسن للتفاعلات الكيميائية

The Berthelot - thomsen Principle of Chemical Reaction

مبدأ كيميائي اكتشفه عام (1867) اختصاصيا الكيمياء الفيزيائية:

الفرنسي [مارسيل بيير يوجين برتلو (Marcellin Pierre Eugene Berthelot (1827_1907]

والكيميائي الدنماركي [هانس بيتر جركن جوليس تومسن

.[Hans Peter Jurgen Julius Thomse (1826_1909)

ينص هذا المبدأ على **أنه لو كان باستطاعتنا جمع وقياس وتحديد واعتبار كافة التفاعلات الكيميائية الممكنة والتي يمكن عمليا لمجموعة من المركبات المتفاعلة إنجازها فعلا، لكانت صدارة الحدوث وأولوية الإنجاز لأكثرها قابلية على إطلاق أكبر قدر ممكن من الطاقة عند التفاعل (حرارية كانت تلك الطاقة أم ضوئية أم الاثنين معا).**

فسر المؤلف (كارل و. هول - Carl W. Hall) هذا القانون في كتابه المعنون (نماذج وقوانين: في العلوم والهندسة والتكنولوجيا) قائلا بوجوب حدوث واتخاذ صدارة التفاعل طبيعيا في سلسلة من قبل أكثرها قابلية على إطلاق أكبر كمية ممكنة من الحرارة (أو أي نوع آخر من الطاقة - كالضوء مثلا -)، هذا إذا أخذنا بالاعتبار مجموعة كافة عناصر التفاعلات الكيميائية (غير الماصة للحرارة) والتي بإمكانها الاستمرار ذاتيا دون الحاجة إلى أي حرارة خارجية مضافة. ولعل أفصح ما جاء في تفسير هذا المبدأ هو ما اقترحه كل من (هانز - دايتر جاكوبتك-Hans-Dieter Jakubtke)و(هانز جسكت-Hans Jescht) في كتابهما المعنون (موسوعة الكيمياء الميسرة)، والذي ينص على **تناسب قابلية أي تفاعل كيميائي (وهي ميله الطبيعي للحدوث) طرديا مع مقدار الحرارة التي يطلقها.**

قانون منديليف الدوري للعناصر

Mendeleyev's Periodic Law of Elements

قانون كيميائي اكتشفه عام (1869) الكيميائي الروسي [ديمتري مندلييف
[Dimitri Mendeleyev (1834_1907)

والــذي ترجم فعلياً إلى الجــدول الدوري المعروف للعناصر، ينص هذا القانون على **تناسـب وتناسـق الصـفات الكيميائية والفيزيائية للعناصر المختلفة دوريا بصــورة تجعلها تتصـرف كدالة لأوزانها الذريــة.** ومن الجدير بالذكــر في هذا الخصوص تأكيد ثقة (مندلييــف) الكبيرة بنفسه وبوضعه المبتكــر لجدوله الدوري والتي بلغت درجة عالية أهلته لأن يترك – وبكل ثقة وإصرار – أماكن خالية في بعض أجزاء هذا الجدول موقنا بضرورة، بل وبحتمية إشغالها لاحقا بعناصر لابد وأن يكتشف وجودها في الطبيعة، ولو فيما بعد!

وكدلالة واضحة لمصداقية ما تنبأ به (مندلييف) فقد تم بالفعل (وبعد وضعه لجدوله بخمس سنــوات فقط) اكتشاف عنصر – الكاليــوم Ga – والذي جاء بوزن ذري وصفات كيميائية ومواصفات فيزيائية طابقت – ولحد الإعجاب – ما سبق أن قال به (مندلييف). أما التفسير المقنــع والسبــب الوجيه الــذي من أجله صار مــن المحتم على العناصــر أن تتصرف بشكلها الدوري هذا فلم يُعرف، ولم يتمكن العلماء من وضع يدهم على تفسيره إلا بعد مرور خمسين عامــا على ما جــاء به (مندلييف)، حيث يعــزى سبب ذلك التصــرف في الوقت الحاضــر – وأعني بــه ميل العناصر إلى التجمع على شكل مجموعات دورية التناوب بصفاتها وخواصها الكيميائــية والفيزيائيــة – إلى المواصفات (الكميميــة – **quantum**) التي تتمتع بها تلك العناصر، وبذلك تمت إماطة اللثام عن ذلك السر المدهش بالاستناد إلى مبادئ ميكانيكا الكم، (وللاستزادة راجع كتاب:

(Matter and Erergy، Principles of Matter and Thermo dynamics، by Paul Fleisher).

كتاب (فلشر) الموسوم (المادة والطاقة: مبادئ المادة والديناميكية الحرارية).

قانون لورنز - لورنز لمعاملات انكسار الضوء

The Lorentz - Lorentz Law of Refractive Indices

قانون فيزيائي اكتشفه عام (1870) الفيزيائيان الدنماركيان [هندريك لورنز Hendrik Lorentz(1853-1928)] الأب] و [لودفك لورنز - Ludwig Loretz (1874-1950)] الابن]

ينص هذا القانون على التناسب العكسي فيما بين معامل الانكسار الضوئي (n) لكافة حالات وأوجه المواد ثنائية التصرف الكهربائي وكثافاتها (ρ) بحيث يمكن صياغة هذا القانون رياضيا على الشكل التالي:

$$(n^2-1) / (n^2+2) = k x \rho$$

وباعتبار العامل (k) كثابت للتناسب، تُعرّف المادة ذات التصرف الكهربائي الثنائي (كالزجاج مثلا) بأنها تلك المادة التي تمتاز بضعف توصيلها للكهربائية وبكفاءتها العالية في الاحتفاظ بالمجالات الكهربائية المستقرة لفترات طويلة نسبيا، ومن الطريف ذكره في هذا المجال هو تمكن (لودفك لورنتز) الابن من اكتشاف ونشر العلاقة السابقة في عام (1869) في حين توصل (هندريك لورنز) الأب في السنة الموالية أي في عام (1870) إلى ذات العلاقة وبصورة ذاتية دون أدنى معرفة بما توصل إليه ولده.

ولابد من الإشادة بـ (لورنز - الابن) الذي تمكن من تسنم منصة استلام جائزة نوبل تثمينا لنظريته في تفسير تصرف الإشعاعات الكهرومغناطيسية وذلك في عام (1902)، كما ولابد من الإشادة به كونه أول من توصل إلى الاستنتاج القائل بضرورة تقلص كافة الأجسام المتحركة بسرع تقارب سرعة الضوء أو قبيل بلوغها وذلك باتجاه حركتها. ولا يخفى ما لهذا الاستنتاج من أهمية كونه أصبح اللبنة الأولى والأساس الراسخ الذي مكن (البرت اينشتين) من بناء صرح نظريته النسبية الخاصة عليه.

قانون كوب لخفض درجة انجماد المحاليل

Coppet's Law of Freezing Point Lowering

قانـــون كيميائـــي اكتشفـــه عام (1871) الفيزيائـــي الفرنسي [لوي كا دو كوب (1841-1911) Louis Cas de Coppet]

والذي ينص على **تناسب مقدار انخفاض درجة الجماد أي محلول مع مقدار المادة المذابة فيه.**

مـن الجديـر بالذكـر أن اكتشـاف وتفسـير قانوننا الحالي لم يكن حكرا على الـذي اقتـرن اسمـــه بـــه، فلقـد توصــل الكيميائــي الإنكليــزي [شارل بلادن Charles Blagden 1748-1820] والذي شغل منصب السكرتير الخاص للعالم والمخترع والمكتشف الإنكليزي الشهير [هنــري كافندش (1731-1810) Henry Cavendish] في عام (1788) إلى اكتشــاف الحقيقـة المتمثلـة بإمكانية خفض درجة الجمـــاد بعض المحاليــل وذلك بزيادة كميــة المادة المذابــة في حجم معين منها، واستطاع إثبات ذلــك مختبريا. كما تمكن الكيميائي الإنكليــزي [ريتشارد واتســون (1737-1816) Richard Watson] من التوصل إلى ذات الحقيقة.

ساعدت إحدى المقالات العملية المنشورة من قبل الفيزيائي الفرنسي (كوب) عام (1871) والمتضمنة بعض الحسابات والتجارب المختبرية المتعلقة بتصرفات المحاليل الحاوية على كميات متباينــة من المواد المذابة والمستندة إلى النتائج التــي توصل إليها الكيميائي الإنكليزي (بلادن)، الكيمائي الفرنسي [فرانسوا مــاري رول (1830-1901) Francois Marie Rauolt] علــى التوصل إلى استنتاجات مماثلة بشأن تلك الظاهــرة، هذا ويساعد القانون موضع البحث علــى تفسير الحقيقة العلمية وراء نثر كميات من ملح الطعــام الاعتيادي على الطرقات المغطاة بطبقات سميكة من ثلج الشتـــاء بهدف إذابتها وجعل تلك الطرقات صالحة للاستخدام بأمان – (ولمزيـد من الإيضاحـــات حول هذا القانون وحيثياته انظر كتاب المؤلف (وليم هـ. بروك – William H. Brock) بعنوان (شجرة الكيماء: تاريخ موجز).

قانون توزيع بولتزمن

Boltzmann's Distriribution Law

قانون فيزيائي اكتشفه عام (1871) الفيزيائي النمساوي [لودوك بولتزمن (1844_1906) Ludwig Boltzmann]

والذي يصف حاله ونظام التوزع الإحصائي لإزاحات وطاقات مختلف الجزيئات التي تؤلف غازاً معيناً عند بلوغ ذلك الغاز مرحلة استقراره حراريا. (لمزيد من التوضيح انظر معجم النظريات لمؤلفته [جنفر بوثملي (1844–1906) Jennifer Boltzmann].

ينص هذا القانون على **تناسب قيمة اللوغارثم الطبيعي**[1] **لنسبة عدد الجزيئات المتواجدة في مستويين مختلفين من الطاقة مع المقدار السالب لكمية فرق الطاقة بينهما.**

كان الفيزيائي الأسكتلاندي (جيمس كلارك ماكسويل) أول من فكر واخترع هذا النوع من التوزيع وذلك في عام(1859) بالاستناد إلى واستخدام المناقشات الاحتمالية. أما العالم (لودوك بولتزمن) فقد استطاع تعميم ما توصل إليه (ماكسويل) وذلك في عام (1871)، وبناء عليه كثرما يشار إلى هذا القانون ويعرف باسم (قانون توزيع ماكسويل – بولتزمن).

يعتبر (دياك ك باسو– Dipak k. Basu) محرر معجم (علم المواد وفيزياء الطاقات الفائقة) خير من عرّف (قانون توزيع بولتزمن) كقانون للميكانيكا الإحصائية وقدمه كقانون ينص على إمكانية التعبير رياضيا عن تناسب احتمالية إيجاد نظام ما في ظروف حرارة مقدارها (T) وبمخزون طاقة مقداره (E) مع قيمة اللوغارتم الطبيعي (e) مرفوعا إلى القوة السالبة لحاصل قسمة مخزون طاقته على درجة حرارته المطلقة، حيث يمكن كتابة القانون فعليا

---

(1) اللوغارثم الطبيعي – Natural Logarithm: وقد عُرف سابقا بلوغارثم القطع المكافئ المغرق – Hyperbolic log – وهو اللوغارثم للقاعدة (e) وهي ثابت يساوي تقريبا [2.718 281 828] ويعرف اللوغارثم الطبيعي لأي رقم (x) بأنه القوة اللازم رفع (x) إليها كي نحصل على قيمة (e)، واللوغارثم الطبيعي لـ (e) هو الرقم واحد (1) لان ($e^1 = 1$). واللوغارثم الطبيعي للعدد واحد هو صفر لأن ($e^0 = 1$) وللمصطلح تعاريف هندسية توضيحية أخرى. (المترجم).

على الشكل التالي:

$$P_s = e^{-E/KT}$$

عندمـا تمثـل (P_s)[1] احتمالية وجود النظـام المعني و K ثابت التناسـب المسمى (بثابت بولتزمن).

كتـب (ستيفن ج بروش - Stephen G. Brush) في مؤلفه الموسوم (النظرية الحركية للغازات: أمهات البحوث الكلاسيكية مع الملاحظات التاريخية حولها) مبينا تذمر (بولتزمن) وشكواه من الطريقة المختصرة العصية على الفهم التي كان قد اتبعها (ماكسويل) في اشتقاقه لقانـون توزع الإزاحات، الأمر الذي أشكل الموضوع على الكثيرين مما دفعه إلى نشر مذكرة تفصيليـة نذر صفحاتها الأربع والأربعين (44) الأولى لتوضيح وسوق الأمثلة المقنعة مسلطا الضوء عما غاب عن ذهن (ماكسويل) وسها عن بيانه بشأن هذا القانون.

(1) والاحتماليـة - Probablity - رياضيـاً هي مجموعة القيم الحقيقية لدالة معرفة في الفضاء الاحتمالي والتي تطابق صفة معينة مفروضة ويمكن التعبير عنها رياضياً بعدة أشكال منها:

$$\mu\left(\bigcup E_i\right) = \sum_{i=1} \mu(Ei) \quad \text{أو} \quad P(B/A) = \frac{P(B \cap A)}{P(A)}$$

قانون سطوع الضوء لأبنيه

Abney's Law of Luminosity

قانون فيزيائي وضعه عام (1877) الكيميائي الإنكليزي

[السر وليم دو ويفليزلي أبنيه (1844-1920) Sir William de Wiveleslie Abney]

يختص هذا القانون بسطوع الضوء وبالإمكان تفسيره والاطلاع على مضمونه باختصار باستطلاع مختلف التوضيحات التي وضعها جمهره من الكتّاب إليك بعض منها:

• يُعرف مقدار سطوع مصدر ضوئي معين بأنه عبارة عن حاصل جمع قوى كافة مكونات أي طيف كان قد نتج من تحلله.

المصدر: معجم فيزياء علم طبقات الأرض والفيزياء الفلكية وعلم الفلك لمؤلفه (ريتشارد أ. مازنر - Richard A. Matzner).

• تجمع مقادير سطوع الأضواء ذوات الألوان المتباينة خطياً، ويساوي مقدار سطوع مصدر مركب حاصل جمع كافة مقادير عناصر السطوع الضوئي المكونة له.

المصدر: الصور المجسمة والمناظير ثنائية العدسات لمؤلفيه (ايان ب. هورد - Ian P. Howard) وزوجته (آن ب. هورد - Aan p. Howard).

• يُمثل الضوء الواصل إلى أي نقطة معينة من سطح معلوم: حاصل جمع كافة خطوط الأشعة الضوئية الوافدة إلى تلك النقطة من ذلك السطح.

المصدر: التصميم الميسر لإضاءة المباني لمؤلفه (مارك شلر - Marc Schiler).

قاعدة ألن لهيئة الأجساد

Allen's Rule of Body Form

مبدأ بيولوجي وضعه عام (1877) عالم الحيوان المختص الأمريكي [جويل آسف ألن (1838_1921) Joel Aseph Allen].

لخص مضمونه (روبرت ب. اكهارد - Robert B. Eckhard) في كتابه الموسوم (علم الأجناس البشرية الحيوي) بأنه يوضح ويفسر علاقة هيئة الأجسام بدرجة حرارة المحيط الذي تعيش فيه.

وينص على **أن الأحجام التشريحية النسبية لمختلف استطالات أجساد الكائنات ذوات الدم الحار**[1] **مثل الأطراف والذيول والآذان، لابد وأن تقصر كلما قلت معدلات الحرارة النسبية السنوية**. ويمكن الاستنتاج وببساطة حاجة الكائنات التي تعيش في المناطق التي تمتاز بدرجات حرارتها المنخفضة على مدار السنة إلى الاحتفاظ بأكبر قدر ممكن من الحرارة في أجسامها ثابتة في الأجواء الباردة، وحاجة الكائنات القاطنة في المناطق الحارة إلى إشعاع أكبر قدر ممكن منها لنفس الغرض.

أما الكاتب (روجر لون - Roger Lewin) فقد بين شرح هذا المبدأ في مؤلفه الموسوم (تطور الجنس البشري: مقدمة مصورة) كما يلي: (تمتاز مجاميع الفصائل الحيوانية التي تعيش في مجالات جغرافية واسعة ممتدة باكتسابها أطرافا (أيدي وأرجل) تمتاز بطولها عند تواجدها للمعيشة في الأجواء الحارة مقارنة بمثيلاتها التي تعيش في الأصقاع الباردة. وبالإمكان الاستكانة إلى هذا المبدأ لتفسير المشاهدات المعتادة من أن أطراف سكان المناطق الاستوائية غالبا ما تميل إلى كونها أطول وأنحف من أطراف سكان المدارات العليا والمناطق الباردة كونها تؤهل أجسام حامليها وتمكنهم من فقدان كميات أكبر من الحرارة ضمن تلك الظروف).

---

(1) (هي الحقيقة ذوات الدم ثابت درجة الحرارة - المترجم)

فسر الباحث (بول ب. ويزس - Paul B. Weisz) في كتابه الموسوم (المشاهد التكميلية - قراءات في طبيعة ومجتمعات ومحيط الجنس البشري وتصرفاته) حقيقة اكتساب سكان الصحراوات لبنيتهم النحيفة بالاستناد إلى مبدأ (ألن) هذا.

قانون نرنست لفروق جهد الأقطاب الكهربائية

Nernst's Law of Electrode Potentials

قانـون كيميائـي اكتشفـه عــام (1880)

الكيميائـي الألماني [والتر نرنست (Walther Sir. Nernst (1864-1941]**.**

يمكــن وصفـه استنــادا إلى (معجــم النظريــات) لمؤلفته (جنفــر بوثاملــي – Jennifer Bothamley) بأنه القانون الذي يحدد ويصوغ مدى التراكيز التي يعتمد عليها تقدير فرق الجهــد القابل للانعكاســ لقطب كهربائي فاعل. ولعل خير تعبير لهــذا القانون يمكن وضعه رياضيا على الشكل التالي:

$$E = E^0 + [RT/zF] \times In\ a$$

حيــث E تمثل فرق الجهد المسلط علـى قطب كهربائي ما في حاله كون التيــار المار به يساوي صفرا، على أن يكون ذلك قطبا تبادليا مغمورا في محلول يحتوي على ايون ما بتكافؤ يساوي (z).

و E^0 – هي فرق الجهد الكهربائي القياسي لعين ذاك القطب.

وR – هو ثابت الغاز.

و T – هي درجة الحرارة.

و F – هو ثابت فراداي (The Faraday Constant)[1].

و $In\ a$ – هي مقدار فعالية الأيون المعني في المحلول.

أمــا أبسط توضيح لقانون نرنست هذا فقد ساقه كل مــن (اندرو و. باتجلر – Andrew w. Batchelor) و (لو ني لام – Loh Nee Lam) و (ماركــام جانـــــدرا سيكاران –

(1) ثابت فراداي – Faraday's Constant: ويعرف بأنه مقدار الشحنة الكهربائية التي يحملها ورن معياري واحد من الإلكترونات ويمكــن اشتقــاق قيمته رياضيا بضرب قيمة الشحنة الكهربائية التي يحملها الإلكترون الواحد بعدد افوكادرو من الإلكترونات. والقيمة المقبولة له تساوي: [F= 96485.3399(24) C/mol] وتقابله في النظام الدولي (SI) للمقاييس وحدة الكولوم.
أمــا فراداي فهــو كيميائي وفيزيائي إنكليزي ساهم بتطوير علمي الكيمياء – الكهربائيــة والمغناطيسية الكهربائية. (المترجم). راجع مدخله المفصل بداية من صفحة (549) من هذا الكتاب. (المترجم).

Margam Chandra Sekaran) في مؤلفهم المشترك الموسوم – أثر الهندسة السطحية المتقنة في السيطرة على سرعة انحلال المواد – وكما يلي: (يفسر قانون نرنست – وببساطة – تأثير تراكيز المواد المتاينة المذابة في المحاليل ودرجة الحرارة على مقادير فرق الجهد الكهربائي الناتجة من التفاعلات الكهروكيميائية) – أهلت الأبحاث الفذة التي قام بها (نرنست) في مجال (الكيمياء – الحرارية) إلى ترشيحه لنيل جائزة (نوبل للكيمياء) والتي نالها بالفعل عام (1920). حفلت حياة مضيفنا بالنادر من الأحداث فلقد امتاز باختراعاته الملفتة إضافة إلى كونه مُنظِّرا فذا، ومن تلك الاختراعات عمله الدؤوب لتطوير المصباح الكهربائي حتى تمكن من اختراع ما يعرف (بمصباح نرنست) ذي الجسم المصنوع من السيراميك، كما تمكن من اختراع البيانو الكهربائي الذي عوض عن الحاجة إلى صندوق تضخيم الصوت والذي يعتبر العمود الفقري لكافة الآلات الموسيقية الوترية فأمكن بذلك الاستعاضة به عن الأسلاك ومضخمات الصوت التي كان لابد أن تُربط بتلك الصناديق. أسدل الستار على حياة هذا العبقري بعد فترة من مقتل كلا ولديه في الحرب العالمية الأولى (1914–1919) الأمر الذي أورثه جزعا شديدا، فووري الثرى.

قانون راول لضغط البخار

Raoult's Law of Vapor Pressure

قانــون كيميائــي وضعــه عــام (1882)

الكيميائـي الفرنسـي [فرانسوا راول (1830-1901) Francois Raoult]

وينص على اعتمــاد الضغط البخـاري لأي مــن مكونات المحلـول المثالي على الضغط البخاري لتلك المكونات وعلى النسبة المعيارية لكل مكون منها في ذلك المحلول على حدة.

ويمكن التعبير رياضيا عن هذا القانون بما يلي:

$$P1\ X1 + P2\ X2 + ...,$$

حيث يمثل Pt – كامل الضغط البخاري لمحلول ما.

و $P1$ – مقدار الضغط البخاري لكل مادة مذابة في المحلول على حدة

و $X1$ – مقدار الكسر المعياري أو نسبة تواجد ذلك المركب في المحلول المعني.

صنف (نيل ملك مانس – Neil Mc Manus) في كتابه الموسوم – الصحة والسلامة في الفضــاءات المغلقة – أنواع المحاليل حسب طريقة امتزاج مكوناتها إلى ثلاثة أصناف: كاملة الامتـزاج وجزيئة الامتزاج وعديمة الامتزاج، ففي المحاليل المثالية والتي تعرف بأنها المحاليل الحاويــة على نوعــين أو أكثر من السوائل التامة الامتزاج، يتـم التأثير المتبادل ما بين جزيئات المــذاب والمذيب بنفس الطريقة والأسلــوب التي يتم بها ما بين جزيئآت المذاب والمذاب وما بــين جزيئات المذيــب والمذيب. أما أهم تطبيقــات قانون (راول) هذا فهــي بتوفيره الأسس العلميــة والمعادلة اللازمة للتنبؤ بمقادير الضغط البخاري لمكونات المحاليل المثالية في ظروف وحالات استقرارها، كما يمثل الأساس العملي لتقنية (التقطير) التي تستعمل لفصل مكونات محلول ما وعزلها بصورة شبه نقية وذلك بالاعتماد على اختلافها فـي درجــة غليانهــا وقابليــة تطايرهــا. (وللاستزادة حول هذا الموضوع راجع

.(SAT .Subject Tests: Chemistry 2005-2006 by Kaplan، Inc)

قانون فان هوف للضغط التنافذي

Van't Hoff's Law of Osmotic Pressure

قانون كيميائي توصل إليه عام (1885)

الكيميائي الدنماركي [جاكوبس فان هوف (1852-1911) Jacobus van't Hoff]

وينص على اعتماد مقـدار الضغط التنافذي لمحلول ما على مقدار تركيز الجزيئات الفعالة تنافذيا فيه وفقا للمعادلة التالية:

$$\pi V = nRT \; or \; \pi = C \times RT$$

حيث π تمثل – مقدار الضغط التنافذي

و V – حجم المحلول

و n – عدد الأوزان المعيارية من المادة المذابة في المحلول.

و c – مقدار تركيز المادة المذابة.

و R – ثابت الغاز.

و T – درجة حرارة المحلول مقاسه بدرجات كالفن المطلقة.

ويبين القانون حقيقة التناسب الطردي بين مقدار تركيز المادة المذابة وضغطها التنافذي في المحلول، بمعنى زيادة الضغط التنافذي لأي مادة مذابة إذا ما زاد تركيزها فيه، ويصدق ذلك بالأخص على تصرف المحاليل ذوات التراكيز المتدنية. وبعبارة أخرى يزداد تدفق الماء من الوسط المحيط بمحلول مركز إليه كلما زاد تركيز المادة المذابة فيه. وبالإمكان ملاحظة هذه الظاهرة مختبريا إذا ما فصلنا المحلول المركز عن الوسط المائي المحيط به بغشاء شبه نفاذ (كالسيلوفين). ولزيادة توضيح هذه الظاهرة وفهمها دعنا نتخيل وجود محلولين مختلفي التركيز يفصل بينهما غشاء شبه نفاذ، فإذا ما بلغ فرق الضغط التنافذي بينهما (على جانبي الغشاء) مدى فعالا بسبب تباين تراكيز المادة المذابة فيهما كما أسلفنا، فإن الماء لابد أن ينفذ خلال الغشاء وينتقل من المحلول ذي الضغط التنافذي الأقل باتجاه المحلول ذي الضغط

التنافـذي الأعلى. ولعل خير تجربة مختبرية بسيطـة لتأكيف ذلك هي بوضع كمية من كريات الـدم الحمراء الطبيعية داخل أنبوب مملـوء بالماء المقطر وفحصها تحت المجهر بعد فترة وجيزة مـن الزمن ومقارنتها بمثيلاتها قبل وضعها في ذات الأنبوب حيث سيظهر الفحص المجهري انتفـاخ وتكـوّر الكريات المأخوذة مـن الأنبوب بالنظر لتدفق المـاء إلى داخل وسطها الأكثر تركيزا مما قد يؤدي إلى انفجارها بعد حين.

لابد ختاما من ملاحظة أن المعنى بقيمة (π) هو مقدار الضغط الواجب تسليطه على سطح المحلول الحاوي على التركيز الأعلى من المذاب والكافي لمنع تسرب جزيئات المذيب إليه من جهة الغشاء الحاوية على التركيز الأقل من المذاب ولا نعني به مقدار الضغط الذي تسلطه المادة المذابـة ذاتها من داخل محلولها على محيطها. (وللاستزادة انظر: BRS Physiology by) .(Linda S. Costanzo

قانون رامزي - يونك للضغط البخاري

The Ramsay - Young Law of Vopor Pressure

قانون كيميائي توصل اليه عام (1885) العالمان:

الكيميائي الأسكوتلاندي [السر وليم رامزي (1852-1916) Sir William Ramsay] **ومساعده في جامعة برستول** (Bristol U.) **في إنكلترا [سدني يونك** Sidney Young 1857-1937].

ينص على تغيير العلاقة النسـبية بين درجتي الغليان المطلقة لمادتـين (A) **و** (B) **تحت مختلف ظروف الضغط البخاري خطيا مع درجتي حرارتيهما.**

عبر (ف. ك. كراك – F. C. Kracek) عن هذه العلاقة رياضيا بالمعادلة التالية:

$$(TA / TB)p = (TA / TB)\ p\ o + c(T - To)\ B$$

حيث P يمثل – الضغط البخاري النهائي للمزيج.

و P_o – الضغط البخاري الابتدائي للمزيج.

و T – درجة حرارة المزيج النهائية (بدرجات كلفن المطلقة).

و T_o – درجة حرارة المزيج الابتدائية (بدرجات كلفن المطلقة).

و C – ثابت.

والتـي نشرها في – مجلة الكيميـاء الفيزيائية – عام (1930) ضمـن بحثه الموسوم (علاقة الضغوط البخارية للمحاليل بقاعدة رامزي – يونك). عبرت (جنيفر بوثاملي – Jennigor Bothamley) في (معجـم النظريات) الـذي كتبته عن هذا القانون بأسلوب شيق مختصر واف وعلى الشكل التالي: لا علاقة للنسبة بين حرارتي مركبين كيميائيين متماثلين بتركيبهما وبضغطهما البخاري تحت ظروف حرارية (مطلقة) مختلفة بذلك الضغط.

اشتهـر (رامزي) بولعه بدراسة ووصف الغـازات النبيلة فقد تمكن من تسمية غاز (الاركون – Ar) كما نجـح باكتشاف غازات (النيـون) و(الكربتون) و(الزينون) وتوج إنجازاتـه بحصوله على (جائزة نوبل) للكيمياء في عام (1904).

قانون كثافة كاليتيه - ماتيه

The Cailletet - Mathias Law of Density

قانون كيميائي اكتشفه عام (1886) العالمان الفرنسيان:
الفيزيائي [لوي كاليتيه (1832_1933) Louis Cailletet]
والكيميائي [ايميل ماتيه (1861_1942) Emile Mathias]

وينص على **العلاقة الخطية بين معدل كثافة سائل ما وبخاره المشبع مع درجة حرارته.** إلا أن الاستدراك هنا واجب لبيان حقيقة شذوذ المعادن المسالة عن هذا القانون وفي درجات معينة. أعاد (كارل و. هول - Carl W. Hall) في كتابه (نماذج وقوانين: في العلوم والهندسة والتكنولوجيا) صياغة هذا القانون لغويا فصار ينص على: وجود العلاقة أو الدالة الخطية بين المعدل الحسابي لمجمل كثافات سائل مستقر وبخاره المشبع وبين درجة حرارته. ويعبر عن ذلك رياضيا بالمعادلة التالية:

$$(d_l + dv) / 2 = A + Bt$$

حيث يمثل (d1) و (dv) كثافتي كل من السائل وبخاره على التوالي.

و (A) و (B) ثابتان يتعلقان بالسائل قيد الدرس، حيث لابد أن تكون قيمة (B) سالبة.

و (t) - درجة حرارة السائل مقاسة بالدرجات المئوية - السيلسية -.

لقد تم تحوير هذا القانون في عام (1900) من قبل الكيميائي البريطاني [سدني يونك (1857-1937) Sidney Young]، كما يمكن الرجوع إليه تحت اسم آخر هو قانون (كاليتيه - ماتيه للأقطار الخطية).

قانون دول للتطوّر

Dollo's Law of Evolution

قانون بيولوجي وضعه عام (1890) المؤرخ وعالم الحفريات البلجيكي ـ فرنسي المولد [لوي دول (1857ـ1931) Louis Dollo]

والذي يمكن اختصاره بالجملة المفردة القاطعة التالية – **لا رجعة في التطور** –، أما تفصيل ذلك فيمكن فهمه من حقيقة استحالة استعادة الحصول على أي من الأعضاء أو الفعاليات التي تم فقدانها من قبل أي كائن حي عبر الزمن بعكس نفس طريقة التطور التي فقدها فيها بالضبط.

هذا وينص (قانون دول) والذي يعتبر من مسلمات نظرية التطور على **استحالة تقهقر تطور أي كائن حي وعودته إلى الحالة التي كان عليها عن طريق عكس عين المسار الوراثي (المفقود) الذي سلكه للوصول إلى حالته الراهنة.** ولكن بإمكانه (إن حالفه الحظ النادر) أن يجد مسالك مغايرة يتم انتخابها عن طريق انتقاء سلاسل الأحداث والخطوات التطورية عشوائيا فقط.

ولتوضيح ذلك دعني أسوق المثال التالي على لسان المؤمنين بنظرية التطور؛ يستحيل على الحيتان سلوك سلسلة التغيرات عبر طريق تطورها عودة إلى إمكانية رجوعها كائنات تمشي على اليابسة من خلال عكس التطور الطبيعي وتكيف لواحق حوضها إلى زعانف والتي تعتبر بقايا مطورة لما يقابل الأرجل والأطراف الخلفية لدى الإنسان وحيوانات اليابسة على التوالي. (وللإيضاح انظر:

The Long and the Short of It: More Essays on the Fiction of Gene Wolfe، by Robert Borski)).

لقد بسط الكاتب (ريتشارد داوكنز – Richard Dawkins) في مؤلفه الموسوم (الساعاتي الكفيف: كيف أثبت التطور حقيقة فقدان النظام في الكون) بقوله إن (قانون دول) هذا ما هو إلا تصريح رياضي مفاده مقاربة الاحتمالية الإحصائية الصفرية (بمعنى شبه استحالة) لسلوك ذات المنحى التطوري (أو أي سبيل أو مسار آخر) مرتين، صعودا كان ذلك

أم هبوطا. وقد نتفق هنا في هذا المجال على احتمال وإمكانية عكس خطوة أو طفرة تطورية واحدة ولكننا لابد أن نتفق بأن احتمالية إعادة الملايين الملايين من الطفرات الوراثية القهقرى لابد (وإن حصلت) أن تكون من الضآلة بمكان يجعلها أقرب إحصائيا إلى (الصفر) منها إلى أي شيء آخر.

يطرح (كارل و. هول - Carl W. Hall) في كتابه الموسوم (نماذج وقوانين: في العلوم والهندسة والتكنولوجيا) مفهوما توضيحيا حول إشكالية إعادة التطور (أو الطفرات) الوراثية إلى الوراء بقصد استعادة ما تم الاستغناء عنه وتحويره من صفات و/أو أعضاء لدى الكائنات الحية، مفاده أن احتمالية التطور طبيعيا (أو بالطفرات الوراثية) هو احتمال قائم لاشك في ذلك، كما ويمكن إضفاء المصداقية وإمكانية حدوث التطور العكسي بمعنى فقدان المواصفات التي تم اكتسابها عن طريق التطور الطبيعي، هذا من جهة ولكن لابد لنا من الإقرار باستحالة استعادة الصفات التي فقدت بنفس هذا الأسلوب من جهة ثانية.

يناقش بعض علماء وباحثي الأحياء والوراثة نظريات أخرى مفادها تعليل التطورات والتغيرات الوراثية وإرجاع أسبابها إلى جينات قد سبق إحباطها طبيعيا أو مختبريا ويطرحون احتمالية استعادة ظهور بعض الصفات التي فقدت بتلك الطريقة بواسطة إعادة تنشيط الجينات التي تم إحباطها آنفا. وقد نصادف في ممارساتنا الطبية أمثلة طبيعية تؤكد نكوص الخط التطويري في أحيان نادرة كمثل ظهور (حُلَم) إضافية أو ثدي ثالث لدى إناث البشر أو فشل ضمور الأغشية (الصفاقية) ما بين أصابع الأرجل. (وللاستزادة انظر:

Michael Le Page، "The Ancestors Within All Creatures". New Scientist، January 13، 2007.)

قانون لزوجة الغازات لسوذرلاند

Sutherland's Law of Gas Viscosity

قانون يطبق في مجالي الكيمياء والفيزياء اكتشفه عام (1893): العالم النظري الفيزيائي الأسكوتلاندي [وليم سوذرلاند William Sutherland [1859_1911

ويتضمن تقنين العلاقة بين لزوجة (η_T) غاز ما في درجة حرارة معينة (T) ولزوجته (η_0) في درجة حرارة قياسية أخرى (T_0)، ويكتب القانون رياضيا على الشكل التالي:

$$\frac{\eta_T}{\eta_0} = \frac{T_0 + S}{T + S}\left(\frac{T}{T_0}\right)^{3/2}.$$

حيث تمثل S – ثابت سوذرلاند ويعبر عن الحرارة بدرجات الحرارة المطلقة (كالفن).

ولـد (سوذرلانـد) في منطقة (كلاسكو) شمال بريطانيا ولكـن سرعان ما هاجرت عائلته لتستقـر في أستراليـا ولما يبلغ ريعان صباه بعد. ولعل في الطرح التالي مثالا آخر يدل بوضوح على إمكانية توصل عالمين أو أكثر إلى ذات الاستنتاج العلمي كل على انفراد ودون أدنى علم لأحدهما بالآخر.

لقد تمكن (سوذرلاند) من اشتقاق العلاقة التي تربط معامل نفوذية مذيب ما بدرجة لزوجته وبقطر الجزيئات النافذة، تلك العلاقة التي نشرها عام (1905) في (نيوزلاندا) بعد أن ألقاها في مؤتمر علمي هناك في العام السابق (1904). أما (اينشتين) فقد تمكن من نشر ذات المعادلة التي ضمنها أحد أبحاثه حول طبيعة الحركـة البراونية[1] (Brownian Motion) وذلك فـي وقـت لاحق من عام (1905)

وكان قد توصل إليها عن طريق ذات السلسلة المنطقية من التفكير الرياضي والحدس العلمي

(1) هي طبيعة الحركة العشوائية التي تنتهجها الجزيئات المعلقة في محلول.(المترجم).

التي سبــق وأن قادت (سوذرلاند) لها. أما اليوم فمعادلة الصفات النفوذية والتي لابد لها أن تسمى باسم مكتشفَيها كمعادلة (سوذرلاند – اينشتين للتنافذ) صارت تعرف منذ ذلك الحين وإلى اليوم وبكل بساطة باسم معادلة (اينشتين للتنافذ) وهكذا طمس العالم حق هذا العالم في تسميته حقه باسمه شأنه وما يذهب إليه غالبا إن لم نقل دائما.

والحدس العلمي الذي سبــق وأن قاد (سوذرلاند) لها. أما اليوم فمعادلة الصفات النفوذية والتــي لابد لهــا أن تسمى باسم مكتشفَيها كمعادلة (سوذرلانــد – اينشتين للتنافذ) صارت تعــرف منذ ذلك الحين وإلى اليوم وبكل بساطة باسم معادلة (اينشتين للتنافذ) وهكذا طمس العالم حق هذا العالم في تسميته حقه باسمه شأنه وما يذهب إليه غالبا إن لم نقل دائما.

قانون القوى (الكهربائية المستقرة والمغناطيسية) للرونز

Lorentz Force Law

قانون فيزيائي ابتدعه عام (1895)

الفيزيائي الألماني [هندريك لورنز - Hendrik Lorentz (1853-1928)]

وينص على أن الصيغة الرياضية للمعادلة التي تحدد القوة (***F***) المؤثرة على جزيئة ما تحمل شحنة كهربائية مقدارها (q) وبسرعة مقدارها (v) استقرت في حقل مغناطيسي قيمة حثه ***B*** يصاحبه حقل كهربائي قوته E، هي

$$\mathbf{F} = q\ (E + v \times \mathbf{B})$$

وتوضح هذه العلاقة حقيقة تأثير القوة الكهرومغناطيسية الكاملة (F) على جزيئة ما صادف وجودها في مجال حقلين الأول كهربائي والآخر مغناطيسي.

تبرز أهمية هذه المعادلة في نجاحها مرارا وتكرارا في التجارب المختبرية التي صممت لاختبارها حتى ارتقت إلى منزلة القانون التام. هذا من جهة، ومن جهة أخرى تم تأكيد صمودها باستخدام جزيئات ذرية دقيقة كالإلكترون وهو منطلق بسرع هائلة تقرب من سرعة الضوء. فتم بواسطتها إثبات استقرار وحدة الشحنة الكهربائية الموشحة للإلكترون من ناحية المفهوم النسبي وعدم تأثير قيمتها مهما بلغت إزاحتها. ساهمت هذه المعادلة مع (معادلات ماكسويل) في إرساء دعائم علم الديناميكا الكهربية وتوحيده.

(للاستزادة انظر: Electrodynamics of Solids and Microwave Superconductivity by Shu-Ang Zhou.)

الفصل الرابع

القرن العشرون (1900) وما بعده

قانون التمدد الحراري لكرونيسن

Gruneisen's Law of thermal Expansion

قانـــون فيزيائـــي اكتشفـــه عـــام (1908) الفيزيائي الألماني [ادوارد أ. كرونيسن (1877-1949) Eduard Gruneisen]

وينص على مــا يلي: (حســب معجم النظريات لجنيفر بوثاملـي) تبقى نسبة تمدد معدن مــا إلى قابلية حرارته النوعية ثابتة وعلى مدى واسـع من درجات الحرارة، إذا ما ظل الضغط المسلط عليه ثابتا، ويمكن إعادة صياغة القانون بطريقة أخرى حسب ما جاء به (كونثر هارت وك – Gunther Hartwig) في مؤلفــه (صفات اللدائن في درجات حرارة الغرفة وعند درجــات البرودة القصــوى) لينص على تناســب معامل التمدد الحـــراري (∝) للمعادن مع حرارتها النوعية (c). وبالإمكان التعبير عن قانون (كرونيسن) رياضيا بالشكل التالي:

$$\alpha = (13/)(\rho/K)\gamma c$$

حيث ρ – هي كثافة المعدن

و K – هــو ثابــت يمثــل ممانعــة المعــدن للانضغاط (Bulk Modulus)[1]

و γ – هو بعد كرونيسن[2]

(1) Bulk Modulus – ثابت ممانعة الانضغاط ويمثل مقلوب قابلية انضغاط أي مادة ويعرف بأنه مقدار الضغط اللازم تسليطه على حجم معين من معدن لإحداث نقص نسبي فيه – (المترجم).

(2) Gruneisen Dimention: ويعـرف بأنـه مقدار التغيير في بنية الكيان البلوري لمعدن مـا نتيجة لتعرضه لتغيير في درجة حرارته – (المترجم).

قانون سابين لمواصفات الصدى

Sabine's Law of Acoustics

قانـون فيزيائــي عمــل علــى إيجــاده وأوجده بالفعل عــام (1910) العالـم البريطانـي [والــس سابـين (1868-1919) Wallace Sabine]

قبـل شرح القانون دعني أولا أعرف مصطلحا مهماً في هذا الخصوص وهو زمن الارتداد الموجي (Reverbration Time) ودعنا للبساطة تسميته بـ (الصدى) ويعني الزمن اللازم لتدني شدة الصوت إلى مقدار يساوي [10 عشرة مرفوعة إلى القوة السالبة السادسة] واحـد من مليـون من قيمتهـا الأصليـة، كمـا أنه قد يعرّف بأنـه عدد الثواني اللازمة لتدني شدة الصوت بمقدار (60) ستون ديسي بل[1].

ينص قانون (سابين) على **تناسب زمن الارتداد الصـوتي** (أو **الصـدى**) **لأي مسـرح أو قاعة مع حجمها مقسوما على كامل قيمة الامتصاص الصوتي لها.**

بدأ (سابـين) أبحاثه وتجاربه بهذا الخصوص عـام (1885) عندما اكتشف المعنيون عيوبا فائقـة في المواصفـات الصوتية لقاعة متحف (فـوغ – Fogg) للفنون، حينها لم يجد عميد (جامعـة هارفرد) مناصا من استدعاء أستاذ الفيزياء الشـاب في الجامعة (سابين) والرجاء منه عمل (شيء ما) حيال تلك المشكلة. شرع (سابين) بعمله بالقيام بالعديد من التجارب الصوتية التـي شملت مختلف قاعات المحاضرات والتدريـس في الجامعة مستخدما أنواعا متعددة من حشـوات كراسي الجلوس بمواصفـات امتصاص صـوت مختلفة، كما استخـدم أنابيب آلة (أُرغن) متنقلة من أجل إصـدار الأصوات واختبار جودة الاستماع إلى ألحانها بالإضافة إلى ساعة توقيت وحاسة أذنه الموسيقية. كل ذلك لتحديد الاختلافات وإجراء القياسات. استمر

---

(1) The Decibel: وحدة قياس فيزيائية لمقدار الطاقة والشدة وتعني النسبة بين كميتين كهربائيتين أو صوتيتين وتساوي 10 أضعاف اللوغارتم الطبيعي لتلك النسبـة. وسميت نسـبة إلى [الكسندر كراهام بل (1847-1922) Alexander Graham Bell] وهو عالم حصيف ومخترع بارع ومهندس فذ ومبتكر أصيل. يعود إليه فضل اختراع أول جهاز هاتف عملي في العالم. (المترجم).

في عمله على هذا المنــوال حتى تمكــن من وضــع قانونـــه (**قانــون سابين للصــدى**). ولمزيد من الإيضاحات انظر:

(Sound System Engineering، by Carolyn Davis and Don Davis).

قانون جايلد لتيار ثنائي الأقطاب (الدايود)

Child's Law of Diode Current

وضع هذا القانون الفيزيائي المهم لشبه الموصلات عام (1911) الفيزيائي الأمريكي [سلمنت دكستر جايلد (1868-1933) Clement Dexter Child]

ينص على تناسب تيار المجال المحدود بالشحنة [The space charge - limited current-(SCLC)] لثنائي أقطاب (دايود) طرديا مع الأس (3/2) لفولتيه الانود وعكسيا مع مربع المسافة الفاصلة بين قطبي الانود والكاثود. وعلى القراء المهتمين بالاستزادة في مجال مثل هذه التيارات الكهربائية الرجوع إلى الكتاب الموسوم:

(Dielectrics in Electric Fields، by Gorur G. Raju)

مبدأ جيجر - نوتال لطاقة الجزيئات المشعة

The Geiger - Nuttall Rule of Particle Energy

مبدأ من مبادئ الفيزياء الذرية اكتشفه عام (1911) عالمان هما: الفيزيائي الألماني [هانس ولهلم جيجر (1882_1945) Hans Wilhelm Geiger] **والفيزيائي البريطاني [جون نوتال** (1890_1985) John Nuttall]

وينص على اعتماد طاقة جسيمات ألفا (λ) المنطلقة من مختلف (نيوكليدات)[1] مجموعة مشعة على نصف العمر الزمني لكل (نيوكليد) وذلك وفق المعادلة التالية:

$$ln(\lambda+c)= lnR$$

حيث يمثل λ – ثابت التحلل الذري لكل نيوكليد

و c – ثابت خاص بالمجموعة المشعة كاملة

و R – مدى جزيئات الفا (α) في الوسط المعني.

يذكر كل من (نيلز ويبرك – Nels Wiberg) و (أ.ف. هولمن – A.F. Holleman) و (ايكون ويبر – Egon Wiber) في كتابهم المعنون (كيمياء هولمن – ويبرك اللاعضوية) ما مفادة إمكانية حساب قيمة ثابت تحلل (أو نصف عمر) العناصر القلقة – أي ذوات الأعمار القليلة باستعمال قاعدة (جيجر – نوتال) وهي:

$$\lambda= -37.7+ 53.9 \times log- R$$

لمجموعة عنصر اليورانيوم المشعة، وبالإمكان الاستنتاج من ذلك بأن ثابت التحلل (λ)[2] (لعنصر اليورانيوم) ذي الوزن الذري (214) والعدد الذري (84) والذي يبلغ مدى

---

(1) (Nuclide) – ويعرف بأنه نواة ذرة عنصر ما بما تحويه من البروتونات والنيوترونات اللاتي يكوّن الوزن الذري لذلك العنصر. أما مجموعة عنصر ما فيقصد بها مختلف النظائر (Isotopes) التي تؤلف لفيف (النيوكليدات) التابعة له. (المترجم).

(2) Decay Constant[λ]: هو ثابت المعادلة التفاضلية التي تحكم التحلل الأسي لمادة تنقص بدالة متناسبة مع حجمها: هكذا، $dN/dt= -\lambda N$، أي أن $N(t)= N_0 e^{-\lambda t}$

حيث $N(t)$ = مقدار حجم المادة في الزمن (t)

و (e) = مقدار اللوغارتم الطبيعي. (المترجم).

جزيئات الفا (α) في وسطه (R = 6.6 cm) يبلغ حوالي (10000).

ينسب إلى (معجم علم المواد وفيزياء الطاقات الفائقة) لمحرره (دبك ك. باسو – Dipak K. Basu) تأكيده على العلاقة العكسية بين مقدار الطاقة المتبدية من عنصر ما عن طريق جزيئات ألفا (α) التي يشعها وبين نصف عمره المفترض. وبالإمكان رسم المنحنيات البيانية المتناسقة لأنوية مختلف العناصر الحاوية على نفس العدد الذري (z) رغم وجود بعض الاستثناءات. أما تفسير ذلك فكان من ضمن الإنجازات المتقدمة التي أتحفتنا بها نظرية (ميكانيكا الكم) فيما يخص المعمار النووي.

يصوغ موقع الموسوعة الإلكترونية (الويكابيديا) المعادلة الحديثة للقانون رياضيا بالشكل التالي:

$$\ln\lambda = -a_1 (Z/\sqrt{E}) + a_2$$

حيث يمثل Z – العدد الذري للعنصر.

و E – مقدار كامل الطاقة الحركية لجزيئات ألفا (α) المنبعثة والنواة الفتية الناتجة.

و a_1 و a_2 – ثوابت العلاقة.

قانون امتصاص الفوتونات لأينشتين وستارك

The Einestein - Stark Law of photon Absorption

قانون كيميائي مختص بالكيمياء الضوئية ابتدعه عام (1912) العالمان: الفيزيائي الأمريكي - الماني المولد [البرت اينشتين (1879-1955) Albert Einstein] والفيزيائي البافاري [يوهانس ستارك (1874-1957) Johannes Stark]

وينص على أنه **لا يسع أي ذرة في جزيئه إلا أن تمتص فوتونا واحدا فقط عند تعرضها لتفاعل كيميائي - ضوئي معين.**

راجع (Chemical Oceanography، by Mary L. Sohn) كما يمكن صياغة نص هذا القانون بالشكل التالي: لا يسع امتصاص وحدة كميمية واحدة من الطاقة الإشعاعية إلا أن تولد درجة واحدة من درجات التحفيز الضوئي. راجع (The Organic Chemistry Problem Solver by James R. Ogden)

وبإمكاننا وضع التعبير الختامي التالي لهذا القانون كما يلي: في تفاعل كيميائي – ضوئي مقنن لا يسع امتصاص فوتون واحد من الطاقة الضوئية إلا إحداث تغير واحد فقط في إحدى جزيئات المادة الحساسة المعنية الداخلة في ذلك التفاعل، إلا أن الملاحظ في التفاعلات الكيموضوئية متعددة المراحل (كعملية التمثيل الكلوروفللي أو ما تسمى بعملية التركيب الضوئي في النبات) حاجة الجزيئة الواحدة من مركب ثاني أوكسيد الكاربون المختزل (لأجل ربطه وإدخاله ضمن جزيئة الكلوكوز الناتجة) إلى حوالي (8–20) فوتوناً ضوئياً لإتمامها. (راجع كتاب:

The Silver cultural Basis for Agroforesty Systems edited by، Mark S. Ashton and Florencia Mantagnini

لاشك أن تاريخ حياة (اينشتين) وسيرته تحتاجان إلى أكثر من عجالة للإلمام بها، ولكن من الملفت للنظر والدهشة وجود العديد من المحطات المشوقة والانعطافات الملفتة في حياة (يوهانز ستارك) إليك لمحات منها.

ففــي عام (1919) حاز (ستارك) على (جائزة نوبــل) للفيزياء عن بحوثه المتميزة واعماله البارعة في نطاق (اكتشاف تأثيرات ظاهرة دوبلر في إشعاعات الأقنية وفصل خطوط الطيف في الحقول الكهربائية)، كما تمكن من نشر أكثر من (300) بحث علمي في حياته.

لقــد شكل (الفيزيائي اليهودي – اينشتين) غصة في حيــاة (ستارك) وشوكة في حلقه فلم يكن يطيقه أبدا كما لم يكُن يكِن أي حب أو ذرة احترام (لليهودي المتعجرف) الآخر (ورنر هايزنــبرك – Werner Heisenberg)، طفــح كيــل (ستارك) حينما نشــر (هيزنبرك – Werner Heisenberg)، دعمــه وإسنــاده لنظريـــــة اينشتين النسبيــة، الأمــر الذي دفعــــه إلــــى تجسيد حنقه علــى الاثنــين بنشره لمقالة لاذعة فــــي صحيفــــة البوليــس الســـري الألمانـــي المعروف بالـ SS والمسماة بـ (Das Schwarz Korps) يصف الأول (باليهــودي الأبيض)، وهي صفة مستهجنة في حينها، هذا وقــد استمر (ستارك) في منحاه مهاجمــاً عالمــي الفيزياء النظريــة الاثنين محذرا من خطر تحــول علم الفيزياء الذريــة في ألمانيا (النازية) إلى (علم يهودي بحت!)، داعيا إلى حفظ العلم بصورة عامة وفروع الفيزياء بصورة خاصة وجعلها ألمانية خالصة خالية من الجذور والأصول أو حتى من الفروع اليهودية، داعيا إلى تطهيرها منهم. حوكم (ستارك) بعد الحرب العالمية الثانية، وأدين من قبل إحدى المحاكم المختصة باجتثاث النازية التي قضت بسجنه لمدة أربع سنوات طوال عجاف.

قانون ليفت لبريق ولمعان النجوم

Leavitt's Luminosity Law

قانون فلكي ابتدعته عام (1912) الفلكية الأمريكية اللامعة [هنرييتا ليفت (1868_1921) Honrietta Leavitt]

يُعرّف (السيفيد المتغير - Cepheid Variable - [راجع الوصف التوضيحي له من قبل المترجم عند حاشية صفحة (929)] بأنها نجمة يتغير لمعانها بصورة دورية.

وينص قانون (ليفت) على تناسب دورة (نجوم السيفيد المتغيرة) طرديا مع درجة لمعانها، بمعنى زيادة الفترة اللازمة لها لإنهاء دورتها كلما زادت شدة تألقها ولمعانها، أما المقصود (بالدورة هنا) فهي الفترة الزمنية اللازمة لتلك النجوم والسدم لإكمال حالتين متعاقبتين (الأولى) حالة الخفوت والثانية حالة التألق واللمعان) والحالتان مهمتان جداً لتقدير المسافة الفاصلة بينها وبين النجوم والمجرات المجاورة و/أو البعيدة عنها.

عُينت (ليفت) - وعن جدارة - عام (1902) كعضو عامل دائم في مرصد (كلية جامعة هارفرد) الشهيرة، وهناك عكفت على دراسة المئات من الألواح الفوتوغرافية الحاوية على النجوم المتغيرة الموجودة في غمامة ماجلان[1]، وتمكنت بعد جهد جهيد وتعب مضن، وباستعمال التقنية المعروفة بالإسقاط[2] من اكتشاف المئات منها هناك.

أثنى العالم المعروف (شارل يونك Charles Young) والذي كان يشغل منصبا مرموقا في جامعة (برنستون - Princeton) آنذاك في رسالة خطية موجهة

(1) Magellanic Clouds - هما مجرتان قزمتان (الكبرى والصغرى) أعتقد سابقا أنهما كانتا تدوران ضمن مجرتنا - درب التبانة - جاء ذكرها أول مرة في سجلات البابليين الفلكية على رُقمهم الطينية وذكرها الفلكي المسلم (الصوفي) عام 964، وذكر إمكانية رؤيتها في سماء منطقة باب المندب وليس في سماء بغداد. (المترجم)

(2) Superposition - تعني معالجة الصور الفوتوغرافية للنجوم في السماء وإطباقها الواحدة فوق الأخرى لتحديد أماكن النجوم والسدم والمجرات التي قد تظهر متقاربة جدا لفلكي الأرض. (المترجم)

إلـــى مديـــر مرصـــد كليـــة جامعـــة هارفـــرد البروفســـور (ي.ك بكرنك - E.C. Pickering) على الاكتشافات المذهلـة التي حققتها(ليفت) وأسبغ عليها الكثير من الإطراء وعبارات الاحترام والتقديـر، وترجم إعجابـه بهـا وبعملها قائلا: [ما أعجب هذه الآنسة الذكيـة الماكرة بـل وما أحذقها!!) فهي (نجمـة متغيرة) بحق، دائمة التقلـب والتغير والتألق لدرجـة أعجزتني ومن معي على متابعة إنجازاتها العلميـة واكتشافاتها الفلكية التي ما فتئت (تُمطرنا) بها!!].

أُسـدل الستار الحزين على حياة هذه المرأة اللامعة التي شاركت جل العظماء في الأسلوب المأسـاوي الذي عادة ما (تكرمهم!!) به الحياة عنـد وداعهم فلقد اختطفها داء السرطان ولما تتجـاوز ريعان العمر، حيث ووري جثمانها الثرى ولـما يقل لسانها كل ما عنده، ولم يفصح عقلها عن كل ما فيه بعد!.

آمن الكثير من العلماء والمختصين المعاصرين واللاحقين لها بعبقريتها وبأهليتها لنيل (جائزة نوبـل) والتي كانت - ولاشـك - ستنالها لولا أن تخطفتها من بين ظهرانيهم أصابع المنون. انظر كتاب (The Stars of Heaven) للمؤلف الدكتور (بكوفر).

قانون فريدل لانعكاس أشعة إكس

Friedel;s Law of X-Ray Reflection

قانون فيزيائي توصل إلى اكتشافه عام (1913) **الفيزيائي الفرنسي**
[**جورج فريدل** (Georges Friedel (1865_1933]

وينص على تساوي شدة انعكاسات الأشعة السينية (أشعة إكس) من الوجوه المتعاكسة لمستوى بلوري معين، ويمكن إعادة صياغته بلغة العلوم البلورية ودراستها (Crystallograply) وكتابته رياضيا بالشكل التالي:

$$I_{hkl} = I_{-h-k-l}$$

ويعني مركزية تناظر توزيع شدة الشعاع في منظومة استطارته.

حيث يعني **I** – شدة الأشعة السينية (Intensity).

و **h** – هو ثابت (بلانك).

و **k** – هو ثابت (بولتزمن).

و **l** – هو البعد المقاس ما بين سطحين أو وجهين لذات البلورة.

وتدل الإشارة السالبة على يمين المعادلة على عكس الاتجاه.

قانون موسلي لانبعاث أشعة إكس

Moseley's Law of X-Ray Emission

قانـون فيزيائي وضعه عـام (1913) الفيزيائي الإنكليزي [هنري موسلي (1887-1915) Henry Moseley]

يصف أسلوب توزيع شدة (أشعة إكس) على كامل طيف انبعاثها للعناصر. ولتوضيح هذا القانون أكثر ولفهم أهميته بإمكاننا ربط أكثر خطوط الأطوال الموجية القصيرة شدة لعنصر ما (على مدى طيف أشعة إكس) بعدده الذري بالمعادلة التالية:

$$\sqrt{f} = k_1 (Z - k_2)$$

حيث يمثل f – مقدار ذبذبة خط انبعاث أشعة إكس الأساسي

و Z – العدد الذري للعنصر.

k_1 ، K_2 – ثابتان يعتمدان على طبيعة خط الانبعاث المختار.

واضـب (موسلـي) على إجـراء تجاربه بغية التوصـل إلى قانونه المذكـور واعتمد أسلوب تصويـب (الأشعة السينيـة أشعة إكس) علـى العديد من المعادن (كأهـداف) ومن ثم تحديد الأطـوال الموجية لأطوال الخطوط الناتجة عن ذلك، ولقـد أصبحت تلك الخطوط وأطوالها الموجية المحددة بدقة (كبصمة أصبع!) لكثير من المواد ولاسيما العناصر لتمييزها الواحد عن الآخر وبذلك اعتُمدت كطريقة علمية فعالة لذلك، خصوصا للتأكد من كون مادة ما عنصرا نقيا من عدمه. ومن تطبيقات واستعمالات هذه الخطوط أيضا توظيفها للتعرف على العناصر المكتشفة الجديدة عن كثـب وتحديد مواصفاتها تمهيدا لوضعها في موضعها الملائم والمحدد في الجدول الدوري[1] للعناصر سابق الذكر.

لم يعش (موسلي) طويلا ليتمتع بثمرات إنجازه العظيم، فلقد اقتطفت روحه رصاصة قناص

(1) راجع مدخل (قانون مندليف الدوري للعناصر) على صفحة (976). (المترجم).

في واحدة من عمليات الحرب العالمية الأولى.

لقــد بلغ تقدير العلمــاء والباحثين لما أنجــزه (موسلي) حدا لم يساورهــم الشك معه في أن (موسلي) هذا كان سيكون من الحائزين على (جائزة نوبل) للكيمياء إن عاجلا أم آجلا بسبب أهمية اكتشافه الفريد وتأثـيره المباشر على سير تاريخ الكيمياء، فبواسطة قانونه أمكن للعلماء والدارسين تحديد العدد الذري للعناصر الجديدة المكتشفه باستعمال الأشعة السينية وهذا إنجاز عظيم بمقاييس العلم لا يشق له غبار.

في حياتنــا الدنيا هذه يفــوق الاهتمام بالأحياء اهتمامنا بالأمــوات، ولذلك لا تمنح جائزة نوبل إلا للأفذاذ المتميزين (الأحياء). (انظر كتاب:

Undergraduate Instrument of Analysis، by James W. Robinson، Eileen M. Skelly Freme، and George M. Frame II.).

قانون ستينمتز للمغناطيسية

Steinmetz's Law of Magnetism

قانون فيزيائي توصل إلى وضعه عام (1961) المهندس الكهربائي الأمريكي [شارل ستينمتز (1923 ـ 1865) Charles Steinmetz]

وينص على **امتصاص المواد المعروفة بالمواد المغناطيسية لشيء من المغناطيسية واحتفاظها بها حين إخضاعها لأي حقل مغناطيسي خارجي يسلط عليها**، وتحتفظ تلك المواد المغناطيسية بشيء من تلك الكمية من المغناطيسية التي اكتسبتها من الحقل الذي سلط عليها داخلها حتى بعد إزالته ولفترة معلومة من الزمن، هذا وتم إطلاق اسم النكوص أو الارتداد[1] على هذه الظاهرة. ويمكننا – بالاستناد على هذا القانون حساب مقدار الجهد اللازم لإزالة ما تبقى من الخاصية المغناطيسية في المواد المغناطيسية كلما أُعيدت دورة مغنطتها وذلك حسب القانون التالي:

$$W = \eta B_m^{1.68}$$

حيث يمثل W – مقدار الجهد اللازم.

و B_m – غاية قيمة الحث المغناطيسي المتولد من دورة المغنطة.

و η – معامل (ستينمتز) ويمثل إحدى خواص المادة تحت الاختبار.

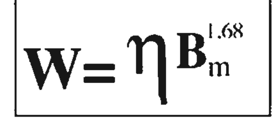
ساق الكاتب (جيمس ر. اوكدن – James R. Ogden) في مؤلفه الموسوم (حلاّل مشاكل المكائن الكهربائية) مسألة رياضية بسيطة وضح فيها كيفية التطبيق العملي لهذا القانون وكيفية الاستفادة منه في حساب مقدار الجهد الضائع في المحركات الكهربائية والتي تستخدم دورات المغنطة وعكسها تبادليا لإنجاز العمل المناط بها وذلك وفق المثال التالي:

أوجد مقدار الجهد الضائع في دورة اشتغال أحد المحركات الكهربائية، إذا علمت أن

(1) Hysteresis: وهي ظاهرة احتفاظ المواد المغناطيسية بشيء منها بعد إزالة الحقل الذي أوجده. وأصل الكلمة (إغريقي) بمعنى التأخر أو النكوص وهو المصطلح الذي يطلق على (رحم المرأة) –لاحتفاظه – بالجنين داخله، ومنه اشتق اسم مرض (الهستريا – أو الهزع) وهو اضطراب عصبي يسبب نوبات عنيفة من الضحك أو البكاء أو غيرها من الأمراض الوهمية.(المترجم).

مقدار حجم كتلة الحديد (والمسحوبة على شكل صفائح لصناعة قلب مغانيطه) المستعملة فيه يبلـغ (40) سنتيمترا مكعبا. ويبلغ مـدى أعلى فيض مغناطيسي داخله أثناء اشتغاله (8000) كاوس. علما أن معامل (ستيمنتز) لصفائح الحديد المستعملة في بنائه هو (0.004).

لحل هذه المسألة لابد أن نستعمل (قانون ستينمتز) آنف الذكر وهو:



$$W = \eta B_m^{1.68}$$

بالتعويض المباشر نجد أن $W = 0.004 \times (8000)^{1.68}$

للدورة الواحدة = (7028) ergs / cm cubed

وبما أن حجم صفائح الحديد المستعملة في صناعته يبلغ (40) سنتيمترا مكعبا كما أسلفنا، لذا 40×7028 = مقدار الجهد الضائع أي= 281000 (erg) لكل دورة.

ويساوي = للتحويل (دورة / 281000erg) × (1erg / جول 0.0000001)

ويساوي = 0.0281 جولاً / للدورة الواحدة.

ولعـل من سخريـات القدر ألا يتجاوز طـول (ستينمتز) الحائز على مـا ينيف عن (200) بـراءة اختراع الأربع أقدام أي حوالي (124) سنتيمـترا، ومع ذلك فقد تمكن من نيل شهادة الدكتـوراه في عـام (1888). لقد ناهض عالمنـا الفذ النازية وتوقع سقـوط الفكر العنصري الألماني، إلا أن أفكاره تلك سرعان ما وضعته في منتصف بؤرة الضوء وضمن دائرة الملاحقة والعقاب الذي أحس هو به والذي كاد أن يُصبح حقيقة واقعة بعد أن نشر آراءه جلية واضحة في إحدى مقالاته التي تنتقد السياسة والحكومة الألمانية بشدة، الأمر الذي أجبره على الفرار مـن وطنه واللجـوء إلى الولايات المتحدة والحصول على جنسيتهـا ويقضي بقية عمره فيها. لم تخـل حياة هذا العبقري من بعض الطرائف والنـوادر سيما تلك التي ذكرها (بوب فنستر – Bob Fenster) في مؤلفـه الساخـر (ما مر به العظماء والمشاهـير من طرائف وغرائب المواقـف والحوادث وأكثرها دهشة وغباء!!)، وملخصها أن سنيتمتز كان قد تعاقد مع شركة جـنرال موتوز المعروفة للعمل كمهندس فيها، ولما سأله رئيسه عن تفاصيل مصاريف إحدى

قوائمة التي قدمها للشركة آنذاك والتي بلغت (10000) دولار – وهو مبلغ ضخم للغاية في حساب ذلك الزمان: ما كان من صاحبنا إلا أن استل قلمه وكتب به على قطعة صغيرة من الورق أمامه السطرين التاليين ودفع بها إلى محاسب الشركة الذي فغر فاه دهشة مما قرأ:

التفاصيل	المبلغ
قلم رصاص (عدد واحد) استعمل للكتابة	دولار واحد
كمية العلم والجهد الذهني الذي خطه القلم المذكور أعلاه	9،999 دولار!!!

قانون بوز وأينشتين لتوزيع الطاقة

The Bose - Einstein Distribution Law

قانون فيزيائي وضعه عام (1924) العالمان:

الفيزيائي الهندي [ساتيندرا ناث بوز (1894 ـ 1974) Satyendra Nath Bose][1]

والفيزيائي الأمريكي الشهير ألماني المولد

[البرت اينشتين (1879 ـ 1955) Albert Einshtein]

وله بعض التطبيقات الملموسة ويمكن استعمالـه لدراسة مواصفات (الأجسام السوداء)[2] وأسلوبهـا في إشعاع طاقتها، كما أن له تطبيقـات عميقة معقدة في دراسة بعض الجسيمات الأوليـة كالبوزونـات[3] فهـو يخبرنا بأعدادهـا المتماثلـة المتوقعة في أي حالـة من حالات الطاقـة(E). والبوزون في الفيزياء عبارة عن جسيم مـا دون الذري كالفوتون (Photon) والبيـون (Pion)[4] وجزيئات ألفا (Alpha Particles)، ويملك درجـة لف (Spin)[5] تسـاوي رقما صحيحـا أو صفـرا. وبإمكان أي حالة من حالات الطاقة (E) استيعاب عدد لا نهائـي منـه. وينسب إلى كتـاب مبادئ الكيميـاء الحديثـة لـ (ريتشارد ت. ويدنـر – Richard T. Weidner) و (روبـــرت ل. سلـز – Robert L. Sells) إمكانيـة تطبيـق قانون توزيع (بوز – اينشتـين) لدراسة أي نظام يحتوي على الجزيئات ما دون الذرية غير المحددة تحوي كل منها على عدد (لف) صحيح.

---

(1) Satyendra Nath Bose فيزيائـي هنـدي اختص في موضوع (الفيزياء الرياضيـة). وخير ما عرف عنه اجتهاده في حقل (ميكانيـكا الكـم) في بداية عشرينيات (1920s) القرن الماضي، الأمر الذي مهد لإرسـاء أسـس (إحصـاء بوز–اينشتين) ونظريـة (تكاثف بوز–اينشتين) يعود إليه الفضل فـي وضع اسم (البوزون –boson). (المترجم).

(2) Black Bodies – راجع مواصفات الأجسام السوداء وشرحها في الفصل المخصص لها في صفحة (851). (المترجم).

(3) Boson – جسيـم ما دون ذري واسم مشترك يطلـق على الفوتون أو الميزون اللذين يمتازان بخاصية (لف) صفرية أو بأعداد كاملة. (المترجم).

(4) Pion – هـو ميـزون ناتج مـن اتحاد كوارك صاعد وكوارك نـازل ومضاداتهما ويمكن أن يكون موجبـاً أو سالب الشحنة أو متعادلا كهربائيا وتبلغ كتلته حوالي 270مرة بقدر كتلة الالكترون. المترجم.

(5) Spin – وهـي خاصيـة (اللف) المعروفة في ميكانيكا الكم وهي صفة أصلية لنوى الذرات والهاردونات والجسيمات الذرية الأولية وتمثل درجة حرية ذاتية مهمة تحملها الجسيمات ذوات (اللف) غير الصفرى.(المترجم)

مبدأ فرانك - كوندون لإعادة التوزيع الإلكتروني

The Frank - Condon Principle of Electronic Redistribution

مبدأ كيميائي - فيزيائي وضعه عام (1925) العالمان: الفيزيائي الأمريكي - الماني المولد [جيمس فرانك (1882_1964) James Frank] واختصاصي الفيزياء النظرية الأمريكي [ادوارد كوندون (1902 _ 1974) Edward Condon]

وينص على أن تعديل التوزيع الإلكتروني، في أي نظام جزيئي ينتقل من أي حالة طاقة إلى أخرى يبلغ من السرعة مداها الذي يؤهلنا لاعتبار كافة أنوية الذرات المشاركة في هذا الانتقال وكأنها في حالة سكون خلال تلك العملية. (انظر معجم النظريات لجنيفر بوثاملي).

وإليك عدة صياغات لهذا المبدأ أسوقها لإدراك كنهه وتقدير أهميته، منها نصه على حفظ كل من عزوم الذرات ومواقعها خلال وبعد أي عملية إعادة للتوزيع إلكتروني حيث يصف المبدأ في نصه هذا حالة الانتقال الإلكتروني لجزيء متفاعل من حالة إلى أخرى كما يحدث في حالة التحلل الضوئي لذلك الجزيء ضمن نطاق طيف الضوء المرئي. (ولزيادة الإيضاح انظر:

(Airy Funcfions and Applications to physics، by Oliver Vallee and Manuel Soars).

أما صيغته الأبسط فتوضح بأن عملية انتقال الالكترونات (خلال التفاعل الكيميائي) من ذرة إلى أخرى ضمن مجموعة الجزيئات المتفاعلة، لابد وأن يتم بالسرعة التي تجعل الزمن اللازم لذلك من الضآلة بحيث تبدو كافة الانوية لتلك الذرات التي تم انتقال إلكتروناتها وكأنها في حالة سكون نسبي أي وكأنها لم تتحرك من أمكنتها خلال عملية التفاعل (وللاستزادة انظر كتاب: م. ك. جوبتا المعنون

(Atomic and Moleculer Spectroscopy، by M.C. Gupta).

وخلاصة القول بشأن هذا المبدأ هي أن السرعة النسبية لحركة وانتقال أنوية الذرات بالنسبة لسرعة حركة وانتقال إلكتروناتها تكاد تكون صفرية.

مبدأ إقصاء بولي

Pauli's Exclusion Principle

مبدأ كيميائي - فيزيائي مهم اكتشفه عام (1925) عالم الفيزياء النظرية الأمريكي الجنسية، النمساوي المولد [ولفكانك بولي (1900-1958) Wolfgang Pauli]

والذي ينص على **استحالة إشغال أي زوج من الجسيمات المتماثلة لذات (الحالة الكميمية) في عين الوقت**. وخير مثال على ذلك استحالة إشغال أي زوج من الإلكترونات المتماثلة (في حالة دورانها) لأي مستوى من مستويات الطاقة الإلكترونية حول الذرة في ذات الوقت، ولإدراك ذلك لابد للزوج الإلكتروني من أن يكون (في حالة دوران متعاكس)، وتبرز أهمية هذا المبدأ لدوره الحيوي الذي لابد منه لتفسير العديد من الأسس والمسلمات الخاصة (بنظرية الكم – Quantum Theory) فيما يتعلق بتصرف الجسيمات ما دون الذرية المسماة (بالفرميونات –Fermions) وهو اسم جامع يطلق على إلكترونات وبروتونات ونيوترونات الذرة، ولكنه لا ينطبق على تفسير تصرفات (البوزونات – Bosons) وهو مصطلح يشمل (الفوتونات – Fotons) و (الميزونات – Mesons). (راجع للاستزادة معجم النظريات لجنيفر بوثاملي).

لقد أكد المؤلف (ميشيل ماسيمي – Micheal Massimi) في كتابه الذي صدر بعنوان (مبدأ إقصاء بولي: أصله وأهميته كقانون علمي) حقيقة بلوغ هذا المبدأ مرحلة القانون العلمي النافذ بلا منازع بالنظر لصموده أمام العديد من الاختبارات الفيزيائية والتجارب العلمية التي شملت طيفا واسعا من علوم الفيزياء تراوحت ما بين الدراسات الطيفية والفيزياء الذرية وما بين (نظرية المجال الكميمي) إلى (فيزياء الطاقات الفائقة)، وعليه يمكن الإقرار، وباطمئنان كامل، بالحقيقة القائلة بأنك نادرا ما ستجد قانونا فيزيائيا واحدا آخر كان أو سيكون له ذات التأثير الشامل والتطبيقات المترامية كالتي حققها هذا القانون، وما إمكانية تحقيق التوزيع الإلكتروني على مختلف مدارات الذرة لأي عنصر من العناصر المعروفة والمكتشفة والتي تمكننا من وضعه في

مكانه الصحيح في الجدول الدوري، وتفسير سلوكه وشكل طيفه الذري إلا إحدى تطبيقاته.

أوضح (اندرو واتسون – Andrew Watson) في كتابه الموسوم (كميمية الكوارك[1] – Quatum Quark) المنطق الذي ساق (باولي) لوضع قانونه كما يلي:

((لعله من اللافت للنظر أن (باولي) كان قد تقدم بقانونه في أوائل عام (1925)، ومن الجدير بالذكر أن ذلك كان سابقا لإقرار نظرية الكم وحتى قبل ظهور مفهوم (اللف) الذي صار ملازما لصفة الإلكترون، حينها أيقن (باولي) بضرورة وضع فكرة ما لكي تمنع وببساطه تهافت كافة الإكترونات في مدارات ذرة ما نظريا إلى أدنى مستوى للطاقة بإمكانهم النكوص إليه، ودعمها رياضيا... وكان ذلك، ولا شك أبسط تفسير منطقي أمكن تقديمه لتلافي تكالب الإلكترونات – وغيرها من الفرميونات – وتنافسهم للحصول على قلب الذرة، أو على نفس الموقع فيه إن صح التعبير!!)).

تبرز أهمية (مبدأ إقصاء باولي) كواحد من أسس الفيزياء الصلدة، كونه فسر ضرورة احترام مبدأ الحيز الواحد من قبل كافة مكونات الذرة –على صغرها– وضرورة استقلال أي من مكوناتها بفضائه الخاص به، ولا أُخفي رغبتي هنا بأني كنت على وشك أن أضع هذا المبدأ، وأصنفه ضمن أمهات القوانين التي سبق إيرادها في متن الكتاب، لولا إخفاق (باولي) في وضع النموذج الرياضي المقبول والمعادلة الدقيقة له (رغم رغبته في ذلك، كما سبق). بقي أن نختتم فصلنا الموجز هذا بالتأكيد على عبقرية ووسع أفق (باولي) بوضعه لهذا القانون، رغم اعتقاده حينها بأنه سوف يفسر عددا محدودا فقط من الظواهر الفيزيائية المعروفة آنذاك في زمن سبق ريعان ربيع (نظرية ميكانيكا الكم) الخالدة والذي رأى نوره وشُد ساعده بفضل الأعمال الخالدة لفيزيائيين فطحلين أنارا مسرح الفيزياء الخالد لاحقا وهما (ورنر هيزنبرك– Werner Heisenberg) و (ارون شرودنكر–Erwin Schrodinger).

(1) Quark – اسم جامع لمجموعة من الجسيمات ما دون الذرية والتي افترض وجودها كأزواج (كالصاعد والنازل) ولهما ذات الكتلة وبشحنتين هما + 2/3 و 1/3- ويكونان الهاردونات. (المترجم).

قانون توزيع فرمي - ديراك

The Fermi-Dirac Distribution

قانون فيزيائي اكتشفه عام (1926) العالمان:
اختصاصي الفيزياء الذرية الأمريكي الجنسية إيطالي المولد
[انريكو فرمي (1901_1954) Enrico Fermi]
والرياضي الفيزيائي الإنكليزي [بول ديراك (1902_1984) Paul Dirac]

يصف المعدل الرقمي لعدد الفرميونات المتطابقة (مثل الإلكترونات) في حالة طاقة معينة (E) كدالة (لثابت بولتزمن – Boltzmann Constant)[1] والحرارة (وهي عبارة عن حد يعتمد على درجة الحرارة ودرجة تركيز الفرميونات المدروسة).

كان (فرمي) سبّاقاً إلى ابتكار العلاقة الرياضية التي تفسر كيفية تصرف الجسيمات الذرية كالإلكترونات مع بعضها البعض من الناحية الفيزيائية وذلك في العشرينيات من القرن العشرين المنصرم، وذلك بصورة مستقلة، هذا على ألا تغيب عن بالنا حقيقة قيام (بول ديراك – Paul Dirac) بفحص واختبار ذات العلاقة بصورة منفصلة من جانبه أيضاً. [انظر كتاب تاريخ العلم والتكنولوجيا لمؤلفه (براين بنج – Bryan Bunch].

سبق لنا مناقشة العديد من قوانين التوزيع والتي حملت أسماء علماء عدة، وفي ختام هذه العُجالة دعني أوضح مجال استخدام كل منها حسب الحالة التي صُمم لمعالجتها؛ فدراسة الانظمة ذوات الأهمية الكيميائية كالتفاعلات الكيميائية في درجة حرارة الغرفة الاعتيادية تعتبر من اختصاص توزيع (بولتزمن)، وفي حال فشله في تقديم التفسير المنطقي المقنع تبرز

(1) ثابت بولتزمن (K او KB) هو ثابت فيزيائي يتعلق بالطاقة على المستوى الجزيئي وعلاقتها بالحرارة على المستوى الشمولي. ويساوي حاصل قسمة الثابت الغازي (R) على عدد افوكادرو (NA) هكذا:

$$KB = R/NA$$

وله نفس وحدات الانثالبية وسمي على اسم الفيزيائي النمساوي (لودفك بولتزمن - Ludwig Bottzman) راجع الجدول على صفحة (446) من هذا الكتاب. (المترجم).

أهميـة توزيع (فرمي – ديـراك) أو توزيع (بوز – اينشتين) كبدائل يمكن الاستعاضة بهما عنه في حالة تعاملنا في أنظمتنا المدروسة مع الفرميونات (بتطبيق القانون الأول) أو مع البوزونات (بتطبيق القانون الثاني). [وللاستزادة انظر كتاب الديناميكا الحرارية الإحصائية لمؤلفه (م. ك. كوبتا – M. C. Gupta].

قاعدة موسكو ويتز - لومباردي للتوزيع المغناطيسي

The Moskowitz - Lombardi Rule of Magnetic Distribution

قاعدة فيزيائية اكتشفها عام (1973) الفيزيائيان:

الأمريكي [بول أ. موسكو ويتز (ولد عام 1945) Paul A. Moskowitz]

والفرنسي [موريس لومباردي (ولد عام 1942) Maurice Lombardi]

وينص على أن كل نواة ذرة مشحونة حائزة على قابلية (لف – Spin) غير صفرية لابد وأن يكـون لها – كخلفية – حقل مغناطيسي يمكـن التعرف عليه بدلالة حجم عزمه المغناطيسي (M)، علـى أن يكـون هـذا التمغنط موزعا على كامـل حجم تلك النواة وهـو الذي يعلل انحرافهـا عن التوزع الطبيعي الذي كان يمكن الحصـول عليه لو قارناها بنواة مماثلة (نُقطية) مثاليـة التصرف خالية منه. ويعـبر رياضيا عن هذه الصفة بالرمـز (ε). وبدراسة عشر نظائر مختلفـة لعنصر الزئبق تمكن كل من (موسكو ويتز) و(لومباردي) مـن التوصـل إلى علاقـة بسيطـة بين التوزيع المغناطيسي لأنويتهـا (ε) وبين عزومها المغناطيسية (μ)، وصاغا تلك العلاقة الرياضية على شكل القانون التالي:

$$\varepsilon = \alpha/\mu$$

واضعـين (α) كثابـت للتناسـب، وبتطبيقها تجريبيـا وعمليا تأكد العلمـاء من صحتها في حـالات كثيرة شملت نظائر العناصر التالية: الزئبق (Hg) والايريديوم (Ir) والذهب (Au) والثاليـوم (Tl) والبلاتـين (Pt) والتنكستن (W) والأوزميـوم (Os) والباريوم (Ba)، أما أهميتهـا فتكمن بتمكين علماء الفيزياء الذرية من فهم التركيب المعقد لأنوية مركبة قد تحتوي الواحدة منها على ما ينيف عن (200) بروتون ونيوترون.

امتاز (موسكو ويتز) بكونه مخترعا بارعا التحق بمعامل شركة (آي. بي. ام – IBM) كمستشار في تقنيـة الاتصالات اللاسلكيـة وشارك يوما في أحـد برامج المسابقات الشعبيـة التلفزيونية والمسمى (عجلة الحظ)، فابتسم حظه له فنال جائزة نقدية وقدرها 50000 دولار!!.

قوانين الثقوب السوداء لهاوكنج

Hawking's Black-Hole Law

شهدت سبعينيات القرن الماضي (1970s) وضع الفيزيائي الفلكي البريطاني [ستيفن هاوكنج الذي ولد في عام (1942) Stephen Hawking]

للعديد من القوانين التي ساعدتنا على فهم طبيعة وتصرف الثقوب السوداء في الكون.

لم يُدرج اسم هوكنك و (قوانينه) ضمن متن الكتاب، واستعضت عن ذلك بإدراجه في ملحقه، رغم الحقيقة التي لا جدال حولها من أن الكثير الجم من مبادئ وفرضيات الثقوب السوداء في الكون كانت ولا تزال تُنسب إليه، ولعل السبب الرئيسي في ذلك يعود إلى أن تلك المبادئ وحتى (القوانين) لم ترتق بعد إلى حد تسميتها باسمه (رسميا) كما هو حال **(قوانين نيوتن)** في الجاذبية أو **(قانون أوم للمقاومة الكهربائية)**، كما أنها لا تزال يشار إليها في التراث العلمي على أنها معادلات أو نظريات ولم ترتق بعد إلى مستوى القوانين. رغم كل ذلك فالباحث الحصيف صار يقرأ العديد من البحوث التي آل أصحابها على أنفسهم إلا أن يؤكدوا عند استشهادهم **(بمبادئ هاوكنج)** ولا يشيرو لها تحديداً إلا بتسميتها **(بقوانين هاوكنج)** ولا أخالني أضع الرجل في أقل من هذه منزلةً. فهو يستحق ذلك عن جدارة!!

وكمحاولة للتعرف على بعضها، إليك النص التالي الذي كتبه هو في دراسة علمية بعنوان (تخليق الجسيمات بواسطة الثقوب السوداء) ونشره في الدورية المرموقه المسماة: (Communications in Mathematical Physics 43(3): (199-200)، 1975

يتناسب مقدار التغير في تبخر ثقب أسود من نوع (شوارزجايلد - Schwarzchild) نسبة للزمن طرديا مع مربع كتلته.

وبالإمكان التعبير عن ذلك رياضيا بالمعادلة التالية: **القانون الأول**

$$dM/dt = -C/M^2$$

حيث يمثل M - كتلة الثقب الأسود

و C - ثابت

و t – الزمن اللازم لانبعاث الجسيمات من الثقب الأسود والذي يتوزع في طيف مداه الحراري

$$\boxed{1/8\pi M(t)}$$

وإليك نص ثان لقانون آخر يقول بالتناسب العكسي ما بين درجة الحرارة المطلقة (كالفن) لأي ثقب أسود مع كتلته، ويكتب القانون على الشكل التالي: (بوحدات بلانك – Plank Units): **(القانون الثاني)**

$$\boxed{T = k / m}$$

أمـا التفسير الفلكي لهـذه الظاهرة فتتلخص بظهور درجة حـرارة أي ثقب أسود لمشاهد خارجي وكأنها حرارة محددة.

وضـح الكاتـب (لي سمولـن – Lee Smolin) في مؤلفـه [سبلك الثلاثة لـ (فهم) الجاذبية الكميمية] بعض الخصائص الغريبة المتعلقة بالثقوب السوداء وكيفية إدراكها وذلك بالشكل التالي:

((في قانون (هاوكنج) الأخير لابد لنا من الإدراك بأن قيمة الثابت المذكور فيه قد تبلغ حدا متناهيا في الصـغر آخذين بالاعتبار وحداتنا الطبيعية للقياس وهذا ما يؤثر على صُـلب المعادلة فيمنحها أبعـادا دقيقة ودقيقة جدا قد يصـعب تخيلها، فمن الناحية الفلكية يـدرك علماء الفيزياء الفلكية ضـآلة درجة حرارة الثقوب السـوداء والتي قد لا تتعدى الجزء اليسير من الكسر الصغير للدرجة الحـرارة المطلقـة الواحدة! وهـذا الرقم يمثل حدا أصـغر بكثير من مقدار الـ 2.7 درجة حرارية مطلقة (كالفن) والتي أثبت وجودها كخلفية عامة للفضاء الكوني المترامي الفسيح! ولكن لإدراك ولتفسـير عُظم درجة حرارة الثقب الأسـود على ضآلته، لابد لنا أن ندرك هذه الضآلة، فنقول إن ثقبا أسـود يبلغ من الضـخامة بحيث يمكن مقارنة كتلته بكتلة جبل إفرست المعروف كأعلى قمة على سـطح الأرض لابد وألا يتجاوز حجمه أبعاد نواة ذرة واحدة!! ولكنه والحالة هذه سـوف يشع بمقدار حرارة تضاهي بل وتفوق حرارة كبد الشمس أو مركز أي نجم مشابه لها!!)).

ولفهـم **(قانـون هاوكنج الثالث)** لابـد لنا من أخذ فنجانا من القهوة والتنـزه في حديقة غنّاء عصـرا والشعور بالاسترخاء داخل مقعد وثير لنتمتع بالمقصود بما يسمى (قانونه في المساحة)

الذي وضعه في عام (1971) والذي ينص على استحالة تقلص المساحة (المنظورة) (لأي أفق حدث) مستقبلي لأي ثقب أسود!! [ولكن أنى لأحدنا أن يسترخي داخل مقعد وفي رأسه مصطلح كمصطلح (أفق الحدث)؟!].

دعني أبسط الموضوع على مراحل وكما يلي أملاً في إماطة الغشاوة وإزالة الإبهام عن المصطلح السابق والذي سيؤهلنا لفهم (مبدأ المساحة) الذي أهداه (هاوكنج) لنا في هذا الفصل.

لم يكد حبر (نظرية اينشتين العامة في الجاذبية) والتي كان قد نشرها عام (1915) أن يجف حتى طلع علينا الفلكي الألماني (كارل شوارتزجايلد - Karl Schwarzchild) وبعد أقل من عدة أسابيع بحساباته الدقيقة التي شرح فيها مفهومه الجديد والذي حمل اسمه فيما بعد وعن جدارة (كنصف قطر شواتزجايلد). فما هو هذا (النصف قطر)؟!

يُعرّف ويصف (نصف قطر سوارتزجايلد) الكرة التي تحيط بـ... أو حدود الأفق الذي يلف كتلة معينة. وبناء على ذلك واستنادا إلى نظرية الثقوب السوداء الكلاسيكية، فإن مقدار الجاذبية التي يسلطها أي ثقب أسود، وفي حدود (كرة سوارتزجايلد) ستبلغ من الشدة حدا يمكنها معها من اقتناص وسجن أي كتلة أو مادة أو حتى أي شعاع ضوء يمر بمداها داخلها وإلى الأبد. بعبارة أخرى... فإن ما يقترب من حدودها (كائنا ما يكون) سيختفي عن الأنظار تماما ويُفقد نهائيا!! وكمقاربة بسيطة لفهم مدى تأثير (نصف قطر شوارتزجايلد) نسبه لكتلة جسم ما: دعنا نقول إنه لا يتعدى بضعة كيلومترات بالنسبة لشمسنا[1] التي تنتمي كرتنا الأرضية لمجموعتها. أما لكتلة تساوي كتلة أرضنا التي نعيش عليها فلن يتجاوز تأثير (نصف قطر شوارتزجايلد) حجم الجوزة! بمعنى إذا تصورنا أن يكون لثقب أسود (مدى أفق) تأثير لا يتعدى حجم الجوزة، فعليه أن يحتفظ بكتلة تساوي كتلة أرضنا[2].

(1) معلومات توضيحية عن أبعاد الشمس: يبلغ نصف فطرها 95500 كيلومتر وتبعد أرضنا عنها بمسافة نصف قطر تبلغ 150 مليون كيلومتر وتبلغ كتلتها حوالي اثنين نوبليون كيلوغرام [1.98892× 10 مرفوعة إلى القوة 30] أي حوالي 332950 مرة بقدر كتلة الأرض. وتبين لنا هذه الأبعاد والأرقام (ضآلة) مقدار الكيلومترات المعدودة لما وصف بـ (نصف قطر شوارتز جايلد) الخاص بها. (المترجم).

(2) ومقدارها [5.9742× 10 مرفوعة إلى الأس 24] كيلوغراما - (المترجم).

وهناك العديد من النتائج التي توصل إليها (هاوكنج) استنادا إلى (قانونه في المساحة) آنف الذكر والذي ينص على [**استحالة تقلص أي (أفق حدث) لأي ثقب أسود**]، منها على سبيل المثال تمكنــه من إثبات أن المساحة السطحية الناتجة من اتحاد ثقبين أسودين لابد وأن تكون أكبر من حاصل جمع المساحة السطحية لكليهما قبل الاتحاد. واستنتج بناء على ذلك أن شطر الكون الحــاوي على الثقوب السـوداء (إذا ما جمعت في - مكان - واحـد) لابد وأن يكون دائما بازدياد واتساع.

يعتمد نظريو الفيزياء الفلكية على هذا القانون لسبر أغوار وفهم تصرفات الثقوب السوداء في الكـون اعتمادا علـى المضمون الموسع له، وهذا يعني افتقـاره لعمومية التطبيق على كافة المجـالات الفيزيائيـة، فمن المعلوم أنـه ينهار انهيارا كليـا ولن تصدق نتائجـه إذا ما أخذت التأثيرات الكميمية (وهي التأثيرات التي تبين وتظهر عند التعامل مع الأبعاد الذرية المتناهية فـي الصغر) بعين الاعتبار وخير مثـال نظري يساق في هذا المجال هو تصور وضع وهيئة ثقـب أسـود خيالي وهو في حالـة تبخر وهنا لابد مـن الاستدراك لتأكيد عـدم انضواء كافة تصـورات الثقوب السوداء ضمن المفهوم الخيالي الذي يجافي المنطق، فمن المعلوم أن ما جاء بـه بعض فطاحل الفيزياء وأعلامهم من أمثال (برانـدون كارتر - Brandon Carter) و (ستيفـن هاوكنج - Stephen Hawking) و(جيمـس باردين - James Bardeen) مـن مبـادئ وقوانين تخص ميكانيك وتصـرف ثقوبنا السوداء كمثل (نظريـة - أو قانون - المساحـة) آنف الذكر لاقت مـا يماثلها ويؤيدها من القوانين التي سبـق وضعها والركون إلى صحتها في ميادين فيزيائية أخرى كميدان الميكانيكا الحرارية.

لا ينبغي لنا في كتاب توضيحي كالذي بين يديك يضم سِفرا مختصرا عن العلماء والعباقرة أن نخوض بالعمق الرياضي للمفاهيم الكميمية والقوانين الخاصة بالثقوب السوداء ولا بأبعادها الفلسفية... ولكن لنا أن ندعم وجهة نظرنا هذه بما أوضحه (قانون هاوكنج) الأخير في هذا المجـال، وذلك بالإشارة إلى أن هناك العديد من المصادر التـي تدعم قوانيه الأخرى الخاصة بميكانيكا الثقوب السوداء وكذلك الذي يحكم (**مفهوم الجاذبية السطحية في أفق الحدث**). وهذا

هو (**قانونه الرابع**). (وللإحاطة بذلك وللاستزادة من هذا الموضوع انظر المصدرين التاليين):

1. Current Trends in Reletivistic Astrophysics، Theorctical، Numerical، Observational، by Leonardo Formandez – Jambrina and Lusis Gonzalez – Romero.

2. The Four Laws of Black Hole Mechanics، by J.M. Bardeen، B. Carter، and S.W. Hawking، in Communications in Mathematical Physics، 31:161-170،1973.

لك أن تبتسم قليلا وتتنفس الصعداء (وتستعد لارتشاف كوب آخر من القهوة) قبل نهاية النقاش المضني حول قوانين (هاوكنج) الأربع السابقات وأن نختمه لك **بقانونه الخامس الأكثر** خفة ولطافة (والذي توصل إلى وضعه آخذا بنصيحة قيمة لمحرر كتابه – موجز تاريخ الزمن) والــذي ينص على **ضـرورة تجنب أو على الأقل تقنـين ذكر المعادلات الرياضـية في أي كتاب، وذلك لأن كل معادلة فيه من شـأنها أن تختزل عدد قرائه إلى النصـف!** ولكن (هاوكنج) الذي لم يغب عن شخصيتــه المرح ولا عن ذهنه سرعة البديهة كان قد صرح بالنص الحقيقي لقانونه الأخير هذا بقوله: إن القانون كان قد نبع من نصيحة اخوية مخلصة أسداها إليه أحد ناشري كتبه وملخصها هو: أن كل معادلة رياضية في كتاب من شأنها أن تخفض مبيعاته إلى النصف (ولك أن تتصور هنــا مقــدار تقلص أرباح الكاتب مــن كتاب مدجج بها، هذا إن وجد مــن ينشره له أصلا!) ولكنه صرح ختاما بأنه لم يجد مناصا من ضم المعادلة (الضرورة) التي لابد منها إلى كتابه ذاك ألا وهي معادلة اينشتين الشهيرة التالية:

$$\boxed{E = m c 2}$$

وصلى ابتهالا ألا يخيف منظرها نصف قراء كتابه المفترضين.

استمــر هاوكنج بولعه (بثقوبه السوداء) وبتصميــم المعادلات (اللائقة) لها حتى أنه قد بين في عام (1974) أنها لابد وأن تتمكن من التوهج حراريا وإطلاق الجسيمات ما دون الذرية وهي الظاهرة التي عُرفت (بإشعاع هاوكنج)، كما استمر بإنجازاته التي أهلته في العام ذاته لأن يترشح ويُنتخب كواحد من أصغر أعضاء المجمع العلمي الملكي البريطاني سنا.

يشغــل (هاوكنج) منصب الأستاذ في الرياضيات في جامعــة كمبردج الشهيرة في الوقت

الحاضر ويحتل كرسي الأستاذية الشهير باسم (الاستاذ لوكاس)[1] والذي سبق (لنيوتن) أن شغله من قبل.

أصيب عالمنا العبقري بمرض عصبي عضال[2] شله تماما وجعله مقعدا على كرسي متحرك لا يتمكن من الحركة ولا التواصل مع محيطه إلا عن طريق حاسوب يدار بنظام التحكم بالأشعة تحت الحمراء المتصل بنظارته والخاضع لحركة أجفانه، أما أعراض هذا المرض فقد ظهرت عليه وهو ما يزال طالبا في كمبردج وتم إقرار تشخيصه النهائي ولما يتجاوز الحادية والعشرين من عمره، أي بفترة وجيزة سبقت إعلان زواجه الأول.

تمكن عالمنا الجليل رغم كل ذلك بالتعاون مع الرياضي الفيزيائي الإنكليزي [السر روجر بنروز – Sir Roger Penrose] والمولود في عام 1931) من بيان ضرورة شمول (نظرية اينشتين للنسبية العامة) على مبدأ مهم مفاده إمكانية إدراك بداية المكان والزمان وإرجاع أصل ولادتهما إلى (لحظة) الانفجار العظيم[3] الأمر الذي ينتج عنه توقع نهايتهما في الثقوب السوداء، والتي لابد لها استنادا إلى النتائج المعمقة للبحث السابق – أن تمتاز بقابليتها على الإشعاع المستمر دون انقطاع حتى تتبخر وتختفي!! كما بين – وبالاعتماد على فرضياته ونتائجها السابقة – أن لا حدود للكون حتى ولا في الزمن الافتراضي الأمر الذي يفضي إلى استنتاج مفاده أن ميلاد الكون – كان لابد وأن يكون – قد تم وفقا للقوانين العلمية.

(1) Lucasian Professor of Mathematics: كرسي الرياضيات المرموق بجامعة كمبردج البريطانية والذي أوجده عام (1663) الرياضي (Henry Lucas) عضو البرلمان البريطاني للفترة (1640-1639) بموافقة الملك شارل الثاني، تبرع لوكاس بمكتبته الحاوية على (4000) كتاب كما أوصى أن تباع أرض له وينفق ريعها لدعم هذا المنصب. (المترجم).

(2) وهو المرض المعروف باسم (داء لوكهرج – Lou Gehrig) وهو اسم لاعب البيسبول الأمريكي الشهير الذي أصيب بالمرض عام (1939) وتوفي في عام (1941) ويعرف طبيا اليوم باسم (Amyotrophic Lateral Sclerosis - ALS) وهو مرض نكوصي عصبي مميت يسببه الضمور المتسارع للعصبونات الحركية في الجهاز العصبي المركزي المسؤولة عن الحركة الإرادية. (المترجم).

(3) The Big Bang Theory – وهي النظرية أو النموذج المقبول اليوم لولادة الكون والذي يتضمن الحيثيات الأولية والتطورات اللاحقة له والتي تدعمها أدق التفاسير والنظريات وأكثرها قبولا ودعما من قبل الظواهر والمشاهدات والبراهين العلمية السائدة حاليا. وهناك تحوير لهذا المفهوم برز إلى ساحة علوم الفيزياء الفلكية وزاد عدد مناصريه وهو ما يعرف بنظرية (The Big Bounce Theory) ويتلخص بتوسيع المفهوم السابق لنشوء الكون من (انفجار هائل وتوسع) إلى (انفجار هائل وتوسع يعقبه انكماش هائل ومعاودة كرة الانفجار ثانية... وهكذا). (المترجم).

لقــد خصص (هاوكنــج) الجم الكثير من وقته لفحص وتمحيصـ القوانين العلمية التي بين أيدينــا وثبّت العديد مــن آرائه العلمية والفلسفية بشأنها في العديد من الكتب والمقالات التي أتحفنــا بهــا، ولا يسعني هنا إلا أن أختم بمسك أفكاره هذا الفصل الأخير من الكتاب، فإليك نافلة من بنات أفكاره أوردها حسب مصادرها كالتالي:

((كتب هاوكنج في كتابه المنشــور في عام (1993)، وقد نشر بعنوان (الثقوب السوداء والأكوان الفتية) ما يلي: لاشك لدى بوجود مجموعة معلومة محددة من القوانين التي تحكم الكون وكل ما فيه وتفسر تطوره مع الزمن، أولئك هن أمهات القوانين، ورغم يقيني بأننا لم نتمكن – ولحد الآن – من إدراك أشكال وهيئات ولا الإحاطة بكافة تلك القوانــين، إلا أننــا – وبلاشك – نعرف منها الكثير بل ونعرف ما فيه الكفاية لتحديد، ولفهم ما يحدث في كافة الأحوال وتحت جميع الظروف ما خلا النهايات القصوى والحالات النهائية. وإذا ما تســاءلنا فيما لو إذا كانت ســتتاح لنا فرصة إدراك واكتشاف ما تبقى من تلك القوانين في المستقبل القريب، فذلك ولاشك سيخضع للمتباين من وجهات النظر، أما أنا فمتفائل جدا، ومتفائل إلى الحد الذي بإمكاني معه وضــع نســبة الخمسين بالمئة كاحتمال لافتراض نجاحنا في إماطة اللثام عنها جميعا في مدى لا يتجاوز العشرين سنة القادمة)).

ويضيف قائلا:

((بأنــه حتى لو لم نتمكن من اكتشــاف كافة قوانين الكــون، فلابد من إدراكنا لمجموعة منهــا كافية لنا لنحلل وندرك بداياتــه. ومن المدهش بل من الواجب علينا ملاحظته هو أن هذه القوانين التي تتماشى مع تصرف الجل الأعظم من ظواهر العالم، والتي تمكننا من التنبــؤ بنتائج تلك الظواهر وإلى مدى مقبول جدا من المصــداقية، لا يظهر أنها تميل إلى التغيير أو الشذوذ عما عودتنا عليه)).

يستمر (هاوكنج) بشدنا إلى وجهات نظره الفلسفية والمستندة إلى القواعد العلمية الراسخة وإليك ما كتبه حول قوانين الكون في مقالته الموسومة (حاله الكون الكميمية) والمنشورة في دورية الفيزياء النووية عام (1984):

((يدّعي الكثير من الناس ويعتقد بنهاية حدود الكون وهذا يعني بالمفهوم العلمي - فشل أو توقف قوانين العلم المكتشفه من قبلنا على التأثير أو التنبؤ بمجريات الأحداث التي تقع ما وراء تلك الحدود، وقد يظن بعض الناس أنها غير قابلة للإدراك العلمي أو يسميها بحدود الماوراء الطبيعة، كما أن بعضهم يعتقد أن للكون أو للوجود قابلية إيجاد نفسه (مرة أخرى) بأي طريقة يشاء، قد يكون هذا صحيحا، وقد ينجر عن ذلك قابليته (بنفسه) أن يعيد تشكيل نفسه بصورة قصوى من العبثية والفوضى.

ولكنني أعود هنا لأستدرك بقوة بأن كل ما في عالمنا الكبير هذا، ولاسيما الجزء المترامي منه - كالمجرات والنجوم - والصغير المتناهي في الصغر - كالجسيمات ما دون الذرية وما شاكلها - إلا وينقاد - بامتياز - إلى النظام والتنظيم بأروع صوره، فلم يسجل لا الإنسان الذي يحاول إدراك الكون ولا الكون ذاته أي بادرة انحلال أو عبثية أو أدنى ميول للعشوائية في التصرف والظهور العبثي وهذا ما يؤكد بناء عالمنا على النظام والنظام بأكمل صوره. ومن هنا أستطيع الاستنتاج بأن قوانين الكون يمكن أن تطبق على مشارفه مهما بعُدت، أما ما يفوق ذلك فليس لي أدنى تصور عن حاله كيف يكون)).

كتب (هاوكنج) العديد من المقالات، إليك مقتطف من أحدها والذي نشرته مجلة (دير شبيغل - Der Spigel) الألمانية بتاريخ السابع عشر من تشرين أول من عام (1988) وقد جاء فيه:

((حاولت جهدي - وأخالني حققت بعض النجاح - في تصوير وبلورة الأفكار وصياغة القوانين التي تمكننا من افتراض إمكانية قوانينا العلمية وقابليتها على تفسير بداية نشأة الكون. لا أدعي أن في ذلك نهاية لأفق التفكير البشري، كما لا أدعي استحالة وجود أو تطوير منظور آخر (أو أكثر) أحدث مما توصلت إليه في المستقبل، ولكنني على يقين بأن ما توصلت إليه هو (أضمن) و (أدق) نموذج يمكن الاعتماد إليه وفق ما هو متوفر من معلومات علمية وفيزيائية وفلكية بين أيدينا ولحد اليوم)).

وفي ذلك تواضع جم وبساطة في التعبير رغم شمولية هذه الجملة القصيرة.

ولعل خير ما أختتم به هذا الفصل الذي تناول المكتشفين والمتنافسين العظام هو بإيراد المقطع

التالي المقتطف من كتاب (هاوكنج) ذائع الصيت (مختصر تاريخ الزمن) والذي يقول فيه:

((إن النظـرة الفلسـفية والمنطقيـة المعمقة لكافة النظريـات والفيزيائية منهـا على وجه الخصوص يحتم كونها توقعات افتراضية في أحسن الاحتمالات، فنحن لا ندرك المستقبل ولا ينبغي لنا ذلك، فلن يمكننا مهما أوتينا من رجاحة الحدس وحدة التفكير وقوة التجريب أن نجزم وبصـورة قاطعة أن المرة القادمة لابد وأن تأتي إلينا بعين النتائج وذات التوقعات لتجربـة ما حتى ولو جاءت تلك النتائج مطابقة إلى حد الكمال مع توقعات تلك النظرية ولما لا نهاية له من المرات السـابقة. فببسـاطة لا علم يقين لنا بالمستقبل! ولكننا في المقابل لا نحتاج لنقض أي نظرية أو قانون مهما أوتي من مصـداقية وقوة سـوى تسـجيل زيغ واحـد أو خطأ وحيد في تنبؤاته. لقد أكد فيلسـوف العلوم العتيد (كارل بوبر - Karl Popper) على خاصية فريدة وصفة أصيلة توسم وتوشح كافة النظريات المرموقة بلا اسـتثناء ألا وهي قابليتها على وضع السيناريو المسبق للعديد من التنبؤات والفرضيات التي يمكن تأكيدها وإثباتها عن طريق الملاحظة والتجربة، كما ويمكن نسـفها أيضـاً ومن خلال ذات تلك التنبؤات وعين تلك الفرضـيات إن هي أخفقت في الانصياع إليها ولو لمرة واحدة فقط)).

مصادر إضافية وقراءات أخرى:

Gladstone, John, "Points of Supposed Collision Between the Scriptures and Natural Science" in *Faith and Free Thought* (London: Hodder and Stoughton, 1880).

Benedict, Robert Philip, *Fundamentals of Temperature, Pressure, and Flow Measurements* (Hoboken, N.J.: Wiley, 1984).

Klein, Morris, *Mathematics and the Physical World* (New York: Thomas Y. Crowell, 1959).

Tait, Peter Guthrie, *Scientific Papers*, Volume 2 (Cambridge, U.K.: Cambridge University Press, 1900).

الباب الرابع

الفصل الأول

مسك الختام

مسك الختام:

القول الفصل في جمال الرياضيات ورشاقتها وفضلها على سائر العلوم

- يا لروعة الرياضيات... ويا لرشاقة معادلاتها!! ألا ترى فيها إبداع المحاولة ونشوة المغامرة للإحاطة بأسرار وخفايا الكون الأبدي الوجود بالأسلوب المتواضع والرموز البدائية القاصرة المحدودة التي هي كل ما في متناول الفرد الفاني؟ اني أحس بها... بل وأراها كقصائد الشعر، تصنع من النجوم شباكا لاقتناص النور و(تديم الفجر خمرا في كؤوس من أثير)[1].

كيولن

Michael Guillen، (Five Equations That Changed the World).

مقتطف من كتابه (خمس معادلات غيرن العالم).

- قبل الخليقة... كان الله عز وجل الموجد الأحد - سبحانه - والذي ليس قبله شيء ولا بعده...، ثم شاءت إرادته - تعالى أن يكون الكون فكان، وأنا قد أوافق التفكير الرياضي الذي يقول بوجود الرياضيات (الصرفة) قبل وجود الكون والبشر و(التطبيقية) بعد بداية إدراكنا لهما.

ليتل وود

John Edensor Little wood، (A Mathematician's Miscellany، 1953).

مقتطف من كتابه (منوعات رياضي). جمال الرياضيات ورشاقتها؛

- لعل خير ما نعبر به عن روعة معادلة رياضية علمية ما... هي بوصفها بما يؤهلنا لاعتبارها قانونا طبيعياً.

فرميلو

Graham Farmelo's، (It Must Be Beautiful).

من كتابه (إنها لفاتنة، لابد من ذلك).

(1) عن فيروز (بتصرف من المترجم).

إن لأمهات القوانين التي سبق سبر أغوارها في هذا السفر أهمية عظيمة لكونهن القمم السامقات الدالات على تقدم البشرية، شأنها شأن سفينة الفضاء (أبولو) والتي مثلت شاخصا حيا خالداً على تاريخ تطلع الإنسان إلى النجوم ومحاولاته لرؤية ولاكتشاف الكواكب والأجرام التي ملأت سماء أرضه وروضة خياله. لقد كانت بحق خطوة مهمة على درب بحث الإنسان السرمدي عن كنه السماء وألغازها وتفكيره بخلقها.

لا أشك أن مضمون تلكم القوانين كان فاعلا قبل اكتشافنا لها، كما لا أشك أنها ستظل معنا ما دمنا أحياء نُرزق، نرفل بنعمة التفكر بخلق الله سبحانه، ولكني على يقين تام أيضا، بأن تفسيرنا لها وتفهمنا لماهيتها لابد وأن يسمو ويتطور بمرور الزمن وازدياد نضج الذهن البشري في إدراك ما حوله. ولي أن أسوق مثلا، وهو (قانون فورييه – Fourier's) للتوصيل الحراري؛ ففي دراسة هذا القانون، وفي مناقشته نجد أن (فورييه) كان قد وضعه وطور نظريته بمفهوم (النظرية الحرارية) سالكا طريقا خاطئاً بالاعتماد على التفسير القائل بتغير الحرارة وانتقالها بفعل تغيير وانتقال (السائل الحراري) وهو سائل عديم الوزن والشكل ولا يمكن رؤيته! ولكن رغم ذلك فإن قانون (فورييه) يعتبر صحيحا من الناحية العملية ومطابقا لكافة التجارب المختبرية حتى لو كان تصوره عن طبيعة الحرارة مغلوطا!

ويصدق المفهوم السابق كذلك على مجموعة من أهم المعادلات المعروفة باسم (محاولات ماكسويل)، والتي سبق شرحها تحت عنوان (قانونا فراداي للحث المغناطيسي والتحلل الكهربائي)[1] . لقد فسر ماكسويل نظرياته وقوانينه بالاستناد إلى المفهوم القائل بانتشار الموجات في الوسط اللطيف المحيط بكل شيء والذي سُمي (بالأثير)! أما فيزيائيو اليوم فلا يذهبون إلى ما ذهب إليه (ماكسويل) آنذاك. يدل هذا المثال وبوضوح شديد على إمكانية قانون ما على تفسير عمل وتصرف جانب من أحداث ومشاهد الكون ولكنه قد لا يتمكن أبدا من تفسير كنهه ولا لماذا لابد له أن يعمل بطريقته تلك!

(1) راجع صفحة (553) من هذه الترجمة.

هــذا بشأن مصداقية تطبيق القوانين واستخداماتها العمليــة، ولكن ما مضمون القوانين وم يتألــف (جهازها العصبي)؟! إنها الأرقام ولا شيء غير الأرقام و/أو الرموز التي يمكن ترجمتها إلى أرقــام، وبالحقيقــة لابد لكل ذي لـب مــن الإدراك بأهمية الأرقــام و(ظاهر) سيطرتها على الكــون. فللأرقام قابلية التفسير بــل وحتى التنبؤ بمختلف الظواهر والأحــداث ابتداء بهندسة ترتيــب الزهــيرات على تويــج الأوراد المركبة، مــرورا بتكاثر الأرانب وصعــودا إلى مدارات الكواكــب...، ومن طريقة تــذوق الأذن لروائع السمفونيات الموسيقية حتــى أسلوب توزيع العناصر على رقعة جدولها الــدوري... لقد كان للرياضيات ونظرياتها سبق التنبؤ بالكثير من الظواهر التي لم نتمكن من إثبات صحتها إلا بعد مرور العديد من السنين، فلقد تنبأت معادلات (ماكسويل) بوجــود الموجات الراديوية، كما تنبأت معــادلات (المجال) لاينشتين بقابلية نجم كبير أو كوكب ضخم على جذب (الضوء) إليه وانحنائه، كما تنبأت بأن كوننا يتمدد!!

ولعــل خير من جمع هــذا المفهوم وبلوره بصيغتــه الواضحة الجلية هــو الرياضي الروسي [نيكــولاي لوباكوفسكــي (1792–1856) Nikolai Lobachevsky] بقولــه بعدم إمكانية وجود أي فرع من فروع الرياضيات ومهما أوغل في التجريد إلا وسيكون بالإمكان تطبيقــه يوما ما وبطريقة ما على أحد الأحداث في عالمنا الحقيقي. (منقوله من كتاب 777- معادلة رياضية للمناقشة) لمؤلفه (جون دي فيلي- John de Pillis).

لقــد ألمح الفيزيائي البريطاني [بــول ديــراك (1902–1984) Paul Dirac] ذات مرة بأن كل مــا ندرسه ونبتدعه من الرياضيــات الصرفة المجردة لابد وأن يُنــير (في المستقبل) زاوية من خبايــا الفيزيــاء. وبالفعل فقد تمكنــت معادلاته التي وضعهــا في عــام (1928) لتفسير حركة الإلكترونــات مــن التنبؤ بوجود (المادة المضــادة) والتي ما لبثت أن اكتشفــت فيما بعد. بدأت قصــة ذلك الاكتشاف بالاستنتاج الضمني – والمبني على أعمــال (ديراك) بأن لابد للإلكترون (سالــب الشحنــة) من توأم مماثل له تماما بالكتلة والأبعاد وكافــة الصفات الأخرى عدا الشحنة والتــي لابد أن تكون مساوية لشحنــة الإلكترون ولكنها (موجبة)، وهذا ما اقُترح على تسميته (بالمــادة المضادة) للإلكترون. وُضع هذا السناريو المقترح من قبل نظرية (ديراك) بالحسبان عند

القيام بكل تجربة مختبرية لها علاقة بالإلكترون ومواصفاته... حتى تم في عام (1932)، وعلى يد الفيزيائي الأمريكي [كارل اندرسن (1905–1991) Carl Anderson] وخلال تجاربه العملية من ملاحظة جسيم مادون ذري يطابق في مواصفاته صفات التوأم المتوقع للإلكترون وبالشحنة الموجبة فسمي (بالبوزترون). وما لبث أن اكتُشف الجسيم المضاد للبروتون في عام (1955) إثر التمكن من تحضيره مخبريا في معجلات جامعة كاليفورنيا في بركلي والمسمى (بركلي بيتاترون – Barkeley Betatron) واستمرت الاكتشافات في مجال الجسيمات ما دون الذرية بعد تمكن الفيزيائيين في [المجمع الأوربي للأبحاث الذرية [(CERN) The European Organization for Nuclear Research] عام (1995) والذي يعتبر أكبر المختبرات المختصة في الأبحاث الذرية في العالم من تحضير أول ذرة مضادة لذرة الهيدروجين.

ولعل من أظرف وأعجب المصادفات التي تنضوي تحت لواء الحدس العلمي الخارق وإمكانية الرياضيات على التنبؤ وخاصيتها في إثبات التناظر هو الحادث الشهير الذي كان بطله الفيزيائي الأمريكي (ميوري غل – مان – Murrey Gell – Mann) وزملاؤه حينما توقع فريق عملهم بل وتنبأ بضرورة وجود جسيم ما دون ذري سمي بـ(أوميغا السالبة – Omega – minus)[1]. سارت القصة بانسياب مسرحي بعدما رسم (غل – مان)[2] مخططا تناظريا بمواصفات هندسية احتُل كل فراغ فيه من قبل جسيم معلوم فتم المخطط باستثناء موقع واحد فيه، وهنا برز (غل – مان) مشيرا إلى ذلك الموقع... ثم تقدم بتؤدة

---

(1) Omega – minus: هو أول جسيم مكون من ثلاث (كواركات غريبة) اكتشف عام 1964 ضمن هذه المجموعة وتسمى (باريونات اوميغا) والتي تحتوي على الكوارك ات من نوع (لا أعلى – ولا أسفل) وبقيمة دوران متجانس 1 = 0. والباريونات عبارة عن عائلة مركبة من الجسيمات المتكونة من ثلاث كواركات لكل منها. و (اوميغا الموجهة) هو عنوان إحدى مسلسلات الخيال العلمي الفضائي المعروف ستار ترك (رقم 21 من الموسم الرابع والمنشورة في موقعهم بتاريخ 2008/8/21 (المترجم)عن ويكيبيديا.

(2) Murry Gell – Mann: فيزيائي أمريكي ولد في 15 سبتمبر 1929 واستلم جائزة نوبل للفيزياء لعام (1969) لأعماله المتميزة في حقل الجسيمات الذرية الأولية. ومن أهم إنجازاته العلمية إيجاده لنموذج الكواركات (The Quark Model)، وكان أول من ابتكر تعابير غريبة لوصف نموذجه مثل (نكهة التناظر – Flavor Symetry) و(الغرابة – Strangenass) – (المترجم).

(ولكـن بحزم) إلى نمـوذج المخطط ثم ما لبث أن وضع أصبعه علـى ذلك المكان وكأنه كان منقـادا لطاقة إلهـام داخلية تقمصته في تلك اللحظة... وهتف قائـلا (لابد وأن نجد الجسيم المفقود من هذا المكان!!). ولقـد صدق ظنـه وأصـاب حدسُه، فما لبث فيزيائيو الجسيمات مـا دون الذرية ومن خلال تجاربهم وأبحاثهم أن اكتشفـوا حقيقة وجـود مثل ذلك الجسيم والـذي وُجد بمواصفـات مطابقة تماما لما افترض أن يكون عليه جسيم (غل – مان) ليحتل مكانه الشاغر في جدوله الهندسي صاحب التناظر الرياضي آنف الذكر!.

أعلام المعادلات في تاريخ العلوم

- لعل خير من نضم درر العلوم شعرا في تاريخه، وأقام له عماد خيمته... هن معادلاته ذاتهن، فبإمكانك السفر خلال تطبيقاتهن الكونية في عوالم غريبة والتجوال معهن في رحاب المعرفة، كما وبإمكانك أن تقلب بهن صحائف التاريخ وتسبر معهن غور سطوره... عندها سيُتحفنّك بجمال وسلاسة التفسير، ويُبهرنّك بروعة ودقة النتائج وجمال التعبير... ولكنهن لن يُفصحن لك أبدا عن كنههن.

وكما يمكنك تصور الطبيعة والحب والجمال بلا شاعر يصفهن (فوجودهن لا يستوجب وجود شاعر!)... كذلك يمكنك تصور الحقائق والأجرام والكواكب بلا معادلات تُحكمهن (فدوامهن لا يستوجب خط معادلة)... ولكن ما يستدعي الدهشة ويدعو إلى الإعجاب حقا، هي حقيقة وجود الشعر لوصف الجمال وكتابة المعادلات لتفسير الأكوان.

فرميلو

Graham Farmelo. (It Must Be Beautiful).

مقتطف من كتابه (إنها لفاتنة، لابد من ذلك!).

لقد جاء ذكر العديد من المعادلات الرائعة ضمن متن هذا الكتاب من أمثال (المعادلة الموجية لشرودنجر) و (معادلات مكسويل) وغيرهما، وقد يتساءل المرء عن أسباب عدم اعتبارهما (قانونين) وعن عدم تصدرهما مدخلات الكتاب الرئيسية ضمن فصوله الأولى... وهنا يأتي الجواب السهل السريع المباشر لتساؤلنا عن كيفية اعتبار وتسمية (القوانين) وتمييزها عن (المعادلات) نابعاً من التعاقب التاريخي للأحداث... وإليك الدليل:

لقد سبق أن بين الكتاب وفي مدخل (قانونا فراداي)[1]؛ أن الفيزيائي السكوتلاندي الشهير [جيمس كلارك ماكسويل (1831-1879) James Clark Maxwell] كان قد نشر نظريته المسماة (النظرية الحركية في مفهوم الحقول الكهرومغناطيسية)، والتي كان قد أعاد فيها الصياغة اللغوية (لقانون فراداي) وترجم بذكاء منقطع النظير فكرته إلى لغة الرياضيات الحديثة ووضعها في مجموعة

(1) راجع مدخل قانوني (فراداي) على صفحة (553)، (المترجم).

مـن المعـادلات. أما سبب عدم اعتبار تلـك المجموعة من المعادلات قوانين منفصلـة فيعود إلى واقع احتوائهن على حقائق مستقاة من قوانين سبق اكتشافها تاريخيا من قبل (كولوم) و(كاوس) و(امبير) و(فراداي)، ولذلك فلم يمكن اعتبار (معادلات مكسويل) إلا ترجمة رياضية لما سبق اكتشافه.

علـق (ستيفـن وينـبرك – Steven Weinberg) في كتابـه (خـدع سـوكال)[1] على معادلات (مكسويل) بقوله:

> **((لم يكتب (مكسـويل) المعادلات الخاصة بالكهربائية والمغناطيسـية اللائي يُعرفن إلى اليوم باسمه. ولكن الحقيقة أن ما سمي كذلك كان عبارة عن حصيلة الجهـد المتراكم، وعبر عقـود طويلة، لثلة من عظماء الفيزيائيين الذيـن نخص بالذكـر منهـم ؛ العالـم الإنكليـزي (اوليفر هيفيسايد – Oliver Heaviside) علما أن تلكم المعادلات لـم تكن تمثل إلا تقريبا علميا لواقع حال الحقول المغناطيسـية والكهربائية الضـعيفة والبطيئة الحركة فقط... ولكن رغم ذلك نرى أنهن (أقصـد معادلات مكسـويل) كن قد قاومن البقاء وأثبتن صلاحيتهن طوال القرن الماضي، ولا ينبغي لأحد أن يشك بأنهن سوف لا يبقين قادرات على المضي عاملات فاعلات وإلى ما لا نهاية...)).**

يستثنـي العلماء والباحثـون العديد من الموضوعات الخاصة بميكانيـكا الكم – غالبا– من التمتـع بإضفـاء صفة القوانـين عليهن ربما بسبب عمـق المنطق الرياضي الـذي يستندن إليه أو بالنظـر لتداخلهـن الواحـدة بالأخـرى، ويصـدق ذلك على المعادلـة الموجية لبروكلي (Broglie)[2] وعلـى المعادلــة الموجية لشرودنجـر (Schrodinger)[3]، وعلى معادلتي

(1) Sokal – اسم مدينة أوكرانية تقع على ضفاف نهر (البـو – Buh) في منطقة (ليفيف اوبلاسـت – Lviv – Oblast) الواقعة في الجهة الغربية من القطر. (المترجم).

(2) Louis de Broglie – فيزيائي فرنسي حائز على جائزة نوبل وصاحب رسالة الدكتوراه بعنوان: (أبحاث في نظرية الكم). جلس على الكرسي رقم(1) في الأكاديمية الفرنسية للعلوم عام 1944. وتسمى نظريته بـ (نظرية بروكلي وبوم – Brglie – Bohm Theory) أو بـ (نظريـة الموجـة الطائــرة – Pilot – Wave Theory) أو (بالميكانيـكا البوهيميـة– Bohmian Mechanics) أو بـ (الاستنتـاج السببـي – Causal Interpretation) وهـي عبـارة عـن تأويـل وتفسير (النظرية الكـم – Quantum Theory) وتحتوي على دالة موجية. (المترجم).

(3) في ميكانيـكا الكم – تفسر (معادلة شرودنجـر) أسلوب تغير الحالة الكميية لنظام فيزيائي نسبة إلى الزمن. وتشابه في أهميتها بالنسبة إلى (ميكانيكا الكم) أهمية (قوانين نيوتن) بالنسبة (للميكانيك الكلاسيكي). (المترجم).

ديراك (Dirac)[1] وكلين - كوردن (Klein - Gordon)[2].

لاحظ كذلك عدم تسمية معادلة اينشتين الشهيرة ($E = m c^2$) بقانون اينشتين، اللهم إلا في بعض الحالات النادرة والتي قد يُصطلح فيها عليها (قانون حفظ الطاقة والكتلة) حيث بإمكانك اشتقاقها من قانون حركة نيوتن الثاني($F = dp / df$) مع التأكيد على أن اشتقاق مفهوم (p) في النظريـة النسبية الخاصة مختلف جذريا عن مفهومه في نظرية الميكانيك الكلاسيكية، ولعل من المناسب أن نذكر هنا أيضاً أن(اينشتين) كان قد تمكن في عام (1905) من اشتقاق (قانون حفـظ أو مساواة الطاقة بالكتلة) من مبادئ (النظرية النسبية الخاصة وكان قد نشرها في مقالة قصيرة بعنوان (أيمكن أن تعتمد استمرارية جسم ما على مخزونه من الطاقة؟).

عـادة ما يتبادل العلمـاء والكتـــاب آراءهم حول الشؤون العلميـة ومستجدات الإبداع الإنســاني، وإليــك فيما يلي الرسالة التي بعث بها إليّ البروفســور (كلنت سبروت - Clint Sprott) من جامعة وسكونسن (Wisconsin) الأمريكية معبراً فيها عما يجول بخاطره وما يعتمر في نفسه بخصوص ($E = m c^2$) والتي جاء فيها:

((لعل أهم ما يتبادر إلى ذهني بخصوص عدم اعتبار ($E=mc^2$) قانونا، هو أنها وببساطة عبارة عن نتيجة مباشرة لحقيقة أعمق ألا وهي (نظرية النســبية الخاصــة)، هذا تماما ما قد ينطبق في كثير من الجوانب على إمكانية اعتبار (قوانين كبلر) نتيجة مباشرة أيضــا لحقيقة أعمـق ألا وهي (قوانين نيوتن)، علما بأن الحقيقة التاريخيــة المعروفة هي أن (كبلر) كان قد سـبق (نيوتن) زمنيا، هذا من ناحية، أما من ناحية ثانية فقد لا يتعدى دليل عدم اعتبار ($E = mc^2$) قانونا كونها حقيقة مساواة بسيطة بين كتلة الجاذبية وكتلة الاستمرارية.

أما إذا أمعنت البحث في حقيقة مخاض كلا (نظريتي اينشتين في النسبية الخاصة والعامة)

(1) وهــي إحــدى المعادلات الموجية لـ(ميكانيكا الكم النسبية) وضعها الفيزيائي البريطاني (بول ديراك - Paul Dirac) في عام (1928) لتفســير تصرف الجسيمات الأولية الحاوية على صفات الكميمية من نوع (نصف ($^1/_2$) دورة) كالإلكترونات، وتتماشى مع مبادئ كلا نظريتي الكم والنظرية الخاصة في النسبية. (المترجم).

(2) وهــي الصيغة (النسبية) لمعادلة (شرودنجر) وتمثل نظرية حركة حقل أو قيمة غير اتجاهية، وهو الحقل الناتج عن جسيمات كميمية لا دوران أو (عامل لف) لها. (المترجم).

لو جدت أنهما قد عانتا الكثير من التردد قبل قبولهما من قبل المجتمع العلمي، إلى الحد الذي يعكس ظلال الشك التي لا تزال تخامر رواد الفيزياء النظرية حول صحة (النسبية العامة) ولحد اليوم. خلاصة القول إنه وبالاستناد إلى كل ما سبق، لعلني أجد مبررا مقنعا لتسمية أعظم حقيقة في تاريخ العلوم ($E = mc^2$) بالمعادلة وليس بالقانون!!

ولعلني أجد من المناسب أن أختم رسالتي إليك بعرض حقيقة نتفق كلانا عليها، ألا وهي أن كثرة إنجازات هذا العبقري وفتوحاته العلمية كانت قد جعلت من تسمية قانون اينشتين (بصيغة المفرد) أمرا محيرا.

وفي هذا المجال دعني أسوق إليك النصيحة العلمية العملية التالية، علك تشارك قراءك بها: إذا ما أردت أن يخلد اسمك وأن يُطلق على إنجاز ما لا يطمسه التاريخ بعدك... فعليك أن تقف عنده وألا تقوم بنشر أي عمل مهم آخر إذا ما حالفك الحظ ونشرت عملك الأول!!)).

كتب لي كذلك الدكتور (دانييل بلات – Daniel Platt) من شركة IBM فرع مركز أبحاث الدكتور (ت. ج. واتسون – T.J. Watson) رسالة بنفس المضمون جاء فيها...

((يكاد لم يُطلق اسم (قانون) على أي مبدأ اكتشف بعد عام (1900)، ومثال ذلك زخم جهود (مكسويل) التي وحد من خلالها مجموعة قوانين (امبير وكاوس وكولوم وغيرهم) لغرض المحافظة على مبدأ – حفظ الشحنة، والتي اقترح بموجبها وجود حقول مغناطيسية لابد وأن تتولد عند حدوث تغيرات في إزاحة الحقول الكهربائية المصاحبة لها.

يؤرخ العام (1900) لبداية نمو النزعة المناوئة لحالة التكرارية والإعادة والمناهضة لحركة إطلاق مصطلح (القوانين) على الاكتشافات العلمية التي كانت سائدة في وقت إنجازها من أمثال قانوني (كاوس) و(كولوم)، ففي بدايات القرن العشرين (1900) كانت قد بدأت ظاهرة المناصرة والمؤازرة لمفهوم الإيجابية الرياضية، وضرورة إحكام قبضتها على المجتمع العلمي؛ هذا المنطق الذي تُرجم عمليا وببساطة إلى مفهوم خال من

المرونة مفاده ضرورة التمسك بتعريف المفاهيم والمبادئ الفيزيائية الأساسية بالاستناد الحرفي إلى المصطلحات العلمية والتجريبية المتفق عليها عالميا، ولقد صيغ المصطلح العلمي الشامل ليحيط بكامل تلك الفكرة ويعبر عنها وهو مفهوم (علمية التعامل - Operationalism).

لقد غيرت هذه المفاهيم توقعاتنا حول مصطلح (القانون) وصار المجتمع العالمي أكثر تحفظا بعد عام (1900) منه قبله بشأن إطلاق هذه التسمية، وقد أستطيع الاستنتاج هنا بأن الغالبية العظمى، إن لم نقل كافة القوانين الفيزيائية المعروفة كانت قد صيغت ومُنحت تلك التسمية قبل عام (1900)، وتكاد لا تجد أي استعمال لمصطلح (القانون) على أي من الإنجازات والمبادئ الفيزيائية بعده)).

خذ على سبيل المثال (النظرية الموجية لشرودنجر) فهي لا تحمل اسم (قانون شرودنجر) لأسباب؛ قد يكون أهمها: إمكانية اعتبارها كتعريف ؛ فهي لا تُفسر ولا تشرح علاقة فيزيائية بين كميات أو حدود بطريقة مباشرة أو بسيطة، وإنما تمكننا من حساب الدالة الموجية لجسيم معين، وهنا تكتسب تلك المعادلة قابلية وصف حقيقة تنتج من مبدأ أساسي، ألا وهو امتلاك الجسيمات للخاصية الموجية وبإمكاننا دراسة تصرفها بتلك الدلالة.

وختاما... لابد لي من الاستدراك والتذكير بأني لا أدّعي أبدا شمول كتابي هذا على كافة قوانين الكون ولا حتى على كافة القوانين (المهمة) فيه، فكلنا يعلم أن العلم في تطور مستمر وأن المعرفة في اتساع مطرد وكلاهما يسير بتواتر مدهش سريع يكاد يستحيل اللحاق بهما. لقد كان هدفي دائما - ومن خلال كافة صفحات هذا الكتاب - هو أن أجعلها مختصرة بيّنة وأن أركّز فيها على القوانين التي اكتسبت أسماء موجديها، وأن أولي الأهمية الكبرى لأكثرها تأثيرا في حياتنا من الناحيتين العلمية والتاريخية. لقد أغفلت وعن عمد مقصود ذكر العديد من القوانين الأخرى وذلك حفاظا على الحجم المعقول لهذا الكتاب، ولكي أبتعد جهد الإمكان عن ذكر وشرح تفاصيل القوانين المعقدة - والتي وإن كان لا يمكن لأحد أن يطمس أهميتها من ناحية، إلا أنه لن يكون بالإمكان اختصارها أو توضيحها بمعادلات

بسيطة وضمن إطار كتاب مبسط كمثل هذا الذي بين يديك الآن من ناحية أخرى.

لقد أحجمت - والحقيقة أقول - عن ذكر بعض المبادئ المهمة (كمبدأ لي شاتيلييه الذي وصفه في عام (1888) الكيميائي الفرنسي الشهير [هنري لي شاتيلييه Henry Le Chatelier 1850-1936] والذي نص على حقيقة تغير وانتقال حالة توازن أي نظام كيميائي متوازن كلما أخضع لأي زيغ في تركيز مكوناته و/أو حرارته و/أو مقدار الضغط المسلط عليه، وبشكل يضمن استمرارية الحفاظ على حصول اقل قدر ممكن من ذلك التغيير. (ولابد من الإشارة في هذه العجالة إلى وجود العديد من الحالات التي لا تنساق ولا تتسق مع نص هذا المبدأ بالطبع!) كما أني لم أضم بين دفتي هذا الكتاب قانونا مهماً آخر وهو القانون الذي اكتشفه عام (1834) الفيزيائي الألماني الشهير [هنريخ لنز 1865-1804) Heinrich Lenz)] والذي ينص على أن التيار المتولد من حالة حث فيض مغناطيسي معين لابد وأن يسير باتجاه معاكس لذلك التغيير في الفيض المسؤول عن استحاثته، وذلك بسبب تشابهه مع... وإمكانية اشتقاقه من قوانين أخرى (كقانون فراداي للحث).

قوائم بأفضل الإنجازات العلمية البشرية

(كشف حساب!!)

- في ظل كل معادلة وبين طيات كل قانون يكمن سر وتستتر معجزة تمجد عظمة الإله - جل وعلا.

ماريا ميتشيل - Maria Mitchell كلمات محفورة على تمثالها النصفي في (قاعة الشهرة) في برونكس Bronx، كتبتها هي في عام (1866).

أورد المؤلف (شارل ميوري - Charles Murray) في كتابه (الإنجازات البشرية) قائمة بأكثر العلماء تأثيرا وأهمية في مختلف حقول النشاط الإنساني وذلك خلال الحقبة الزمنية المحصورة ما بين عامي (800) قبل الميلاد ولغاية (1950) بعده. لقد أدرج (ميوري) وصنف الأعلام في كتابه بالاستناد إلى مجموع النقاط التي حصل كل منهم عليها، تلك النقاط التي اعتمدت بدورها على مقدار وطبيعة وكمية المصادر المكتوبة والتي أشير فيها إلى كل علم وعالم، كما اعتمدت على مختلف كتب العلوم العامة ومعاجم السير الذاتية والعديد من المصادر الأخرى، كما وضع (ميوري) في الحسبان عدد الصفحات التي طبعت وقد ورد ذكر كل فرد فيها. وفيما يلي قائمة بأهم عشرين فيزيائيا تم تصنيفهم حسب أهميتهم ومدى تأثيرهم على منحى العلم في العالم. حاول أن تقارن بينها وبين الأسماء التي سبق إيرادها في متن سفرنا الذي بين يديك:

1. Isaac Newton	1 - اسحاق نيوتن
2. Albert Einstein	2 - البرت اينشتين
3. Ernest Rutherford	3 - ارنست رذرفورد
4. Michael Farady	4 - ميشيل فراداي
5. Galileo Galilei	5 - غاليليو غاليلي
6. Henry Cavendish	6 - هنري كافندش
7. Niels Bohr	7 - نيلز بور
8. J.J. Thomson	8 - ج. ج. ترمسون
9. James Maxwell	9 - جيمس مكسويل

10. Pierre Curie	10 – بيير كوري
11. Gustav Kirchhoff	11 – كوستاف كرشهوف
12. Enrico Fermi	12 – انريكو فرمي
13. Werner Heisenberg	13 – ورنر هيزنبرك
14. Marie Curie	14 – ماري كوري
15. Paul Dirac	15 – بول ديراك
16. James Joule	16 – جيمس جول
17. Christiaan Huygens	17 – كرستيان هايكنز
18. Walter Gilbert	18 – والتر كلبرت
19. Thomas Young	19 – ثوماس يونك
20. Robert Hooke	20 – روبرت هوك

(ولعله من المفيد أن نذكر أن (ميوري) كان قد جاء أيضاً على ذكر ارخميدس – Archimedes ضمن قائمة الرياضيين)...

ومن ناحية أخرى، أورد فيما يلي وعلى سبيل المقارنة القائمة التي نشرتها عام (1999) مجلة عالم الفيزياء (Physics World) عقب الاستطلاع الذي أجرته بمناسبة نهاية القرن العشرين، والذي شمل ما يقارب المئة (100) من رواد علم الفيزياء المعاصرين والذين كان لهم كأس السبق في التأثير على حياتنا العلمية وإنجازاتنا في وقتنا الراهن، والذين أسهموا في تطوير هذا العلم. وبعد الفرز والتمحيص تم اختيارهم (للعشرة) الأكثر تأثيراً وأهمية على منحى علم الفيزياء وهم:

1. Albert Einstein	1 – البرت اينشتين
2. Isaac Newton	2 – اسحق نيوتن
3. James Clerk Maxwell	3 – جيمس كلارك مكسويل
4. Niels Bohr	4 – نيلز بور
5. Werner Heisenberg	5 – ورنر هيزنبرك
6. Galileo Galilei	6 – غاليليو غاليلي
7. Richard Feynman	7 – ريتشارد فاينمن
8. Paul Dirac	8 – بول ديراك
9. Erwin Schrodinger	9 – إرون شرودنكر
10. Ernest Rutherford	10 – ارنست رذرفورد

لاحظ أن الفيزيائي البريطاني براين كرين (Brian Green) من جامعة كولومبيا والذي شارك وأشرف على الاستطلاع الذي قادته مجلة (عالم الفيزياء)، بأن المركز الأول قد احتله

(اينشتــين) بعد أن أزاح (نيوتن) عنه، وقال معقبا: (**لقد قلبت نظريتي اينشتين النسبيتين (العامة والخاصة) كافة مفاهيم الفيزياء التي حكمت العالم ومقدساته المتمثلة بسرمدية المكان والزمان، وأبدلتهما بنظام جديد وسياق مبتكر صارا عاملين طبيعيين ضمن إطاره**)، أما محرر المجلة (بيتر روجرز Peter Rodgers) فقد كان أكثر ثقة من تبادل الموقعين الأول والثاني من قبل (نيوتن) و(اينشتين) وأعمق تفهما لذلك، ولكنه كان قد أبدى دهشته من استبعاد سبعة من عظماء علماء الفيزياء وسبعة من قوانينهم من هذا السباق!!.

ونستمر فيما يلي بعرض قوائم العلماء وأسماء المتربعين منهم على سدة السبق ومنها ما نشره (جون كلبريث سيمونز - John Gallbraith Simmons)، والذي كان قد أعطى الاولوية للأفذاذ العشرين المختارين في كتابه الموسوم (العلماء المئة) وبالترتيب التالي:

1. Isaac Newton	1 - اسحاق نيوتن
2. Albert Einstein	2 - البرت اينشتين
3. Niels Bohr	3 - نيلز بور
4. Charles Darwin	4 - شارل داروين
5. Louis Pasteur	5 - لوي باستور
6. Sigmund Freud	6 - سيغموند فرويد
7. Galileo Galilei	7 - غاليليو غاليلي
8. Antoine Lavoisier	8 - انتوني لافوازييه
9. Johannes Kepler	9 - يوهان كبلر
10. Nicolaus Copernicus	10 - نيكولاس كوبرنيكس
11. Michael Farady	11 - ميشيل فاراداي
12. James Clerk Maxwell	12 - جيمس كلارك مكسويل
13. Claude Bernard	13 - كلود برنار
14. Franz Boas Modern	14 - فرانز بوز موديرن
15. Werner Heisenberg	15 - ويرنر هايزنبرك
16. Linus Pauling	16 - لينس بولنك
17. Rudolf Virchow	17 - رودولف ورشو
18. Erwin Schrodinger	18 - ارون شرودنكر
19. Ernest Rutherford	19 - إرنست رذرفورد
20. Paul Dirac	20 - بول ديراك

لقد استند (سيمونز) في تدريجيه للعلماء على:- مدى تأثيرهم على إعادة صياغة وهيكلة المفهـوم العلمي العالمي، وعلى مدى تغلغـل تلك الإعادة فيه وعلى مدى رسوخ قوانينهم في الذاكرة العلمية والتجريبية العالمية، فكتب متسائلاً ومجيباً:

((من هم هؤلاء العظماء العشرون، سادتي الأفاضل؟! إنهم أفراد تلك العصبة المتميزة من الذين أوجدوا قوانين الحركة واكتشـفوا كيفية تصرف الكهربائية، والذين كشفوا الحجـاب عن مكونات الـذرة وأسرارها واختزلـوا عظمة المواد والطبيعـة إلى عناصر ووضـعوها في جدول، وأثبتوا وجودها في الشـمس النائية. نعم إنهم الأفذاذ الذين - وباستثناء واحد أو اثنين مـن الاكتشافــات الخالـدة والتي تعود بتاريخهـا إلى حقبـة اليونان والبابليين - أنجزوا كل ذلك وفي غضون بضعة مئات من السنين لاغير)).

ومـن زاوية أخـرى، إليك المعـادلات التالية، التـي سطرها (ميشيل كولـن - Michael Guillen) في كتابه المعنون (خمس معادلات غيرت وجه العالم) والتيِ اعتقَد، حسب وجهة نظره بأنها كانت الأساس والدعامة لأعظم وأهم خمسة إنجازات خارقة في التاريخ... وهي:

1 - قانون نيوتن للجذب العام

2 - قانون برنولي لضغط وحركة السوائل

3 - قانون حث فراداي

4 - معادلة الكتلة والطاقة ونظرية اينشتين في النسبية الخاصة.

5 - قانون كلوزيس للديناميكا الحرارية.

أما الصياغة الرياضية لها - إن أحببت الاطلاع عليها فهي:

1. $F = G\times M\times m\div d^2$ (Newton's Law of Universal Gravitation)
2. $P + \rho \times {}^{1}/{}_{2}v^2 = constant$ (Bernoulli's Law of Hydrodynamic Pressure)
3. $\nabla \times E= -\partial B/\partial T$ (Faraday's Law of Induction)
4. $E = mc^2$ (in addition to Albert Einstein's Special Theory of Relativity)
5. $\Delta S_{universe} > 0$ (Clausius's Law of Thermodynamics)

الفصل الثاني

المعادلات الأعظم

أمهات المعادلات في تاريخ البشرية

- المعادلات العظيمة هنّ وببساطة تلك المعادلات التي تُغيّر من مفهومنا للعالم الذي من حولنا، إنهن يعدن تنظيمه وانسجامه مع نفسه، ويحولنه ويطورن تكامله مع إحساسنا وإدراكنا، أنهن اللائي يعدن صياغة وتعريف (ما الذي... ينتمي... لماذا).. كما هي علاقة (الضوء بالموجة) و(الطاقة بالكتلة) و(الموقع بالاحتمالية)، وتراهن عند ذاك يقمن بعملهن بأسلوب رشيق بسيط غريب وغير متوقع.

كريس

Robert P. Crease، (The Grealest Equations Ever) World Physics)

من كتابه (المعادلات الأعظم) منشورات مجلة (عالم الفيزياء -

- أجرى (روبرت كريز - Robert Crease) في عام (2004) استفتاء بين قراء ومشتركي مجلة عالم الفيزياء حول (ما هي أعظم المعادلات التي تم اكتشافها عبر التاريخ؟). فجاءت معادلات (مكسويل) للكهرومغناطيسية ومتطابقة (يولر - Euler) على رأس قائمة المتنافسين، وخلال المناقشات والاستفسارات المصاحبة للاستفتاء، تساءل العديد من قراء المجلة حول ماهية الاختلاف وكيفية التفريق بين المصطلحات شائعة الاستعمال مثل (القانون الكيميائي) و(القانون) و(النظرية) و(المعادلة)؛ فجاءت إجابة (كريز) على الشكل التالي (وبناء على وجهة نظره): يعرف القانون والقانون الكيميائي: بأنهما الجملة أو الشيء أو الحالة التي تنقاد إلى القواعد والتناسق (Syntex) الطبيعي وتنتظم بسلاسة حسب مفهومها، أما المعادلة فهي قانون ينص على، ويبين حقيقة مشاهدة قابلة للاختبار، ولذلك تمتاز بالشمولية وقابلية التكرار وأسوق أمثلة لذلك، كالمعادلة التي تصف متوالية بالمر (Balmer Series) لخطوط الطيف المرئي والتي تكتب رياضيا على الشكل التالي:

ومثالها المعادلات الكيميائية التي تتضمن مشاهدات تدور حول التفاعلات التي تتم مختبريا... ويضيف في كتابه موضحا (لا يمكننا الاعتماد على (نظافة) التعاريف التي سبق ذكرها... فلعلك تجد العديد من المعادلات الفيزيائية الكلاسيكية من أمثال (E = mc2) ومعادلات (شرودنجر) والتي لا تمثل استنتاجات ولا نتائج تم بلورتها من ملاحظات وتجارب، ولكنها عبارة عن استنتاجات بُنيت على المنطق والنتيجة المستمدة من معادلات ومعلومات

أخرى، فهي بذلك تميل إلى كونها أقرب إلى النظريات منها إلى القوانين، علما أن لصيغة الكثير منهــن ذات القوة والشمولية التي تمتاز وتتمتع بها المعادلات والقوانين، ولهن نفس المحتوى العلمــي والقيمة العملية، ويؤكد (كريز) كذلك علــى واقع وضرورة عدم اقتصار (النظريات العظيمــة) في مهمتها على حقيقــة وضع واستخراج الصفات الأساسيــة للكون أو اعتبارها كالعلامــة الهادية المرشدة في مفترق طرقه وتجاوز ذلــك إلى عملها الدؤوب وجهدها المتميز لاستخراج (وتعدين) حقيقة من حقائقه بكل ما في ذلك من صعوبة ودقة.

يضيف (ميشيل بيري – Michael Berry) من جامعة (برستل – Bristol Unv) فــي عدد شهــــر شباط (فبراير)، 1998 من مجلة عالم الفيزياء موضحا: (بأن على كل نظرية عظيمة في الفيزيــاء أن تضيف أكثر مما منح لها، بمعنــى أنه على النظريات، إضافة إلى استخدامهن في حل المسائل اللائي أوحين لاستنباطها، أن يفسرن أكثر ويتنبأن بأمور جديدة).

ظهرت نتائج استفتاء (كريس– Crease) كما يلي، وحسب قابلية كل معادلة على تكيفها مع عالم الفيزياء بدلالة عدد القراء المصوتين لها...

1. Maxwell's Equations $\nabla \cdot \vec{D} = \rho$, $\nabla \cdot \vec{B} = 0$, $\nabla \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$, $\nabla \times \vec{H} = \vec{J} + \frac{\partial D}{\partial t}$

2. Newton's Second Law, $F = ma$

3. Schrödinger's Wave Equation, $H\Psi = E$

4. $E = mc^2$

5. Boltzmann's Equation, $S = k\ln W$

6. Principle of Least Action, $\delta S = 0$

7. De Broglie's Wave Equation, $\lambda = h/mv$

8. Einstein's Field Equations for General Relativity, $G_{\mu\nu} = 8\pi G T_{\mu\nu}$

9. Dirac's Equation, $i\gamma \cdot \partial\psi = m\psi$

10. Hubble's Equation, $v = H_0 d$

11. Ideal Gas Law: $PV = nRT$

12. Balmer Series: $1/\lambda = R(1/n_1^2 - 1/n_2^2)$

13. Planck's Equation: $E = h\nu$

1 – معادلات ماكسويل

2 – قانون نيوتن الثاني

3 – المعادلة الموجية لشرودنجر

4 – علاقة الطاقة بالكتلة لاينشتين

5 – معادلة بولتزمن

6 – مبدأ الفعل الأدنى

7 – المعادلة الموجية لدو بروكلي (De Broglie)

8 – معادلة المجال لنظرية اينشتين في النسبية العامة

9 – معادلة ديراك (Dirac)

10 – معادلة هابل (Hubble)

11 – قانون الغاز المثالي

12 – متوالية بالمر

13 – معادلة بلانك (Planck)

يذكر (كراهام فرميلو) في كتابه (إنهن لفاتنات لابد من ذلك!) المعادلات التي زكاها أحد عشر كاتبا وآمنوا بأنهن الأهم شأنا والأكثر إثارةً والأجل تأثيراً في حقل علوم القرن العشرين. تنتمي ست منها إلى حقل الفيزياء الأساسية، وهن:

- The Planck-Einstein Equation, $E = hf$, which connects frequency with energy
- Einstein's equation $E = mc^2$
- Einstein's equation that governs general relativity and gravity. $R_{ab} - \frac{1}{2} Rg_{ab} = -8\pi GT_{ab}$
- The Yang-Mills Equation, which describes fundamental particles and their interactions: $\partial \mathbf{f}_{\mu\nu}/\partial x_\nu + 2\varepsilon(\mathbf{b}_\nu \times \mathbf{f}_{\mu\nu}) + \mathbf{J}_\mu = 0$
- Schrödinger's Wave Equation
- Dirac's Equation

• معادلة بلانك – اينشتين والتي تربط التردد بالطاقة.

• معادلة اينشتين

- معادلة اينشتين والتي تربط النسبية العامة بالجاذبية
- معادلة يانك – ملز والتي تصف الجسيمات الأساسية وتعاملها مع بعضها.
- المعادلة الموجية لشرودنجر
- معادلة ديراك

ولقد ضم كتاب (فرميلو) آنف الذكر كذلك معادلة (ديريك – Drake) والتي تخمن عدد الحضارات المتقدمة تكنولوجيا في مجرتنا؛ وهي:

$$[N = R^{*} \times f_p \times n_e \times f_l \times f_i f_c \times L]$$

ومعادلة شانون (Shannon) لنظرية المعلومات:

$$[H = -K \sum_{i=1}^{n} P(x_i) \log p(x_i)]$$

ومعادلة التخطيط العقلاني الذي يرسم النماذج الخاصة بالتصرف المركب في حقل نظرية الفوضى[1]... وهو:

$$[X_{n+1} = rx_n (1-x_n)]$$

كتب (ستيفن واينبرك – Steven Weinberg) في خاتمة كتاب (إنهن لفاتنات، لابد من ذلك!) موضحا معادلة ديراك بقوله: إن نجاحا حققته معادلة (كمعادلة ديراك)[2]، لا يمكن

---

(1) Choas Theory: نظرية رياضية تصف بعض الأنظمة الحركية التي تتطور مع الزمن والتي لها علاقة بحالتها الأولية وقد تسمى (بتأثير الفراشة – The Buterfly Effect). وقد يظهر تصرف هذه الأنظمة وكأنه (عشوائي) ومن أمثلة ذلك (تصرف الطقس) والذي قد يفسر بطريقة (النماذج الرياضية – M. Models). وهناك نظرية مماثلة للكم تُسمى Quantum Chaos.

(2) Dirac Equation: هي معادلة فيزيائية تختص بالتصرف النسبي الكميمي الميكانيكي للنظرية الموجية، وضعها (بول ديراك) عام (1928) والتي تفسر ($^{1}/_{2}$) دوران الجسيمات الابتدائية كالإلكترون وتوافق نتائجها مبدأي ميكانيكا الكم والنظرية النسبية الخاصة. تنبأت بوجود الجسيمات المضادة وأهلت لاكتشاف البوزترون (الإلكترون الموجب – المضاد للإلكترون الاعتيادي السالب) وتكتب كما يلي:

$$\left(\beta mc^2 + \sum_{k=1} \alpha_k p_k c\right) \psi(x,t) = i\hbar \frac{\partial \psi}{\partial t}(x,t)$$

حيث إن m- هو الكتلة الساكنة للإلكترون
و C سرعة الضوء في الفراغ
و P العزم العامل
و t ثابت بلانك المعدل
و x ، t هما إحداثيا المكان والزمان – (المترجم) عن الويكابيديا
و $\hbar$ ، ثابت بلانك المعدل

أن يمثل خطأ!... حتى وإن ترآى لبعض التجارب أو القياسات بأنها قد لا يصح استخدامها وفق الأسباب التي ساقها واضعها، أو حتى قد تفشل بحق في منظومات أخرى، كما أنها قد تفضي إلى غير ما قصد واضعها أن تفضي إليه.

هذه معادلات تمتاز بالاستباقية، ولابد لنا أن نتحلى بسعة البال واتساع الأفق لنستشف منهن ما يمكن أن يُفضين إلينا به. فهن لا يعكسن محتواهن من التعقيد بقدر ما يُنرن الطريق لإدراك رحابة وعمق الكون الذي نحيا فيه... هذا من ناحية، أما من ناحية ثانية فإن ثبوت ورسوخ معادلات الفيزياء الحديثة الأخرى كدعامات للعلم الحديث ومنارات للمعرفة فلا يمكن تشبيهها إلا بالإنجازات التاريخية العظيمة الصامدة إلى اليوم كأهرامات الفراعنة أو كجنائن بابل المعلقة!!

ومن الطريف هنا وقبل الولوج في بعض تفاصيل (معادلة ديراك) أن نسوق ما اقتبسه (فرانك ولكزك – Frank Wilczek) وهو أحد محرري كتاب فرميلو (إنهن لفاتنات، لابد من ذلك!!) عن (هنرييخ هرتز – Heinrich Hertz) معلقا على (معادلات مكسويل) بقوله؛ (لا عالم يستطيع نكران شعور العظمة والاستقلالية الذي لابد وأن يكنه لتلك المعادلات، تكاد إحداهن أن تملك زمام الذكاء بنفسها، فمقدار الحكمة والدقة اللتين يحويانها تكاد تفوق تلك التي نتمتع بها نحن بنو البشر! فهن بلاشك أذكى وأكثر حكمه من مكتشفهن... بالمفهوم الذي تعي به أنك تستطيع أن تستمد منهن أكثر مما بذل لإيجادهن!!).

لقد ذكرت فيما سبق حقيقة أن لبعض المعادلات الفيزيائية قابلية توليد واستنبات الأفكار وحصد واستثمار النتائج والتي لم تكن لتجول في خاطر مكتشفيها، بل لم يكونوا ليتوقعوها أصلا. قد يبدو وكأن لمثل هذه المعادلات طاقة سحرية او قوى خفية، استطاع (ولكزك) أن يلمح إلى جانب منها في (غزله) المهدى (لمعادلة ديراك) آنفة الذكر والتي تجد فيما يلي تفصيلا موجزا عنها.

وضع الفيزيائي البريطاني بول ديراك (Paul Dirac) عام (1928) نظريته لتوصيف الجسيمات الكميمية، وقد كان بذلك يدلي بدلوه محاولا إيجاد صيغة توفيقية (لمعادلة

شرودنجر) الموجية بحيث تطابق في تصرفها مبادئ (النظرية النسبية الخاصة) لاينشتين.

تكتب (معادلة ديراك) بعدة طرق إضافة إلى ما ذكره المترجم فيما يلي إحداها:

$$\left(\alpha_0 mc^2 + \sum_{j=1}^{3}\alpha_j p_j c\right)\psi(\mathbf{x},t) = i\hbar\frac{\partial\psi}{\partial t}(\mathbf{x},t)$$

وتستخدم لتفسير تصرفات الإلكترونات وغيرها من الجسيمات الابتدائية بطريقة تتماشى مع متطلبات كلا نظريتي (ميكانيكا الكم) و (النظرية النسبية الخاصة)، وتتوقع هذه المعادلة – كما سبق أن أسلفت – وجود جسيمات مضادة، وتتنبأ بطريقة ما بوجوب اكتشافها تجريبيا. واستنادا إليها فقد تم اكتشاف (البوزترون) وهو الجسيم المضاد (للإلكترون)، فضربت بذلك مثلا ساطعا على أهمية وفائدة الرياضيات في مجال الفيزياء النظرية الحديثة.

في المعادلة السابقة تمثل الرموز التالية مفهومها الظاهر أمامها وكما يلي:

m – كتلة الإلكترون الساكنة

ħ – ثابت بلانك المعدل ويساوي [1.054 × (10 مرفوعة إلى الأس السالب 34)] جول ثانية.

c – سرعة الضوء في الفراغ.

P – عامل تفعيل الزخم

t،x – إحداثي المكان والزمان

Ψ (t،x) – دالة الموجة

∝ – عامل التفعيل الخطي الذي يؤثر على دالة الموجة

لقد وصف (بيتر كالسن – Peter Galison) شخصية ديراك في كتابه الموسوم (الرمز المطموس) كما يلي:

((لا جدال في أن خير من استحق لقب، ورفع راية (عميد فيزيائيي القرن العشرين النظريين) هو – بول ديراك – بلا منافس، فبالرغم من دماثته وخجله وشخصيته التي لا تميل إلى الضوء أو الشهرة وعدم سطوع نجمه شعبيا (كالبرت اينشتين) و (نيلز بور) و (ورنر هيزنبرك) – فقد عُرف بين فيزيائيي القرن العشرين بأنه (الإنسان النظري

صاحب الروح الأصفى والأسمى) وذلك لموجبات كثيرة ليس أقلها كونه لا يميل إلى الثرثرة بطبيعته، قليل الاختلاط بالآخرين، شديد الحساسية والدقة في انتقاء كلماته في كل ملاحظاته، شديد الدقة في أعماله وتحركاته ولا يتدخل بشؤون الآخرين. ولأنه كان فعلا مثل شخصية الراهب الناسك الذي شغله تعبده في محراب الفيزياء عما سواه، فلم يبد ولم يلحظ عليه أي اهتمام من قريب أو من بعيد بأي مشاركة لا بالفن ولا بالأدب ولا بالموسيقى ولا بالسياسة. ويكاد يكون مقلا حتى في صداقته ومعارفه أيضا، إلا أنه عُرف واشتهر بمعادلته الفذة التي تحمل اسمه والتي تصف الإلكترون حسب المفهوم النسبي (لنظرية اينشتين). فالواقع يحتم علينا إرجاع الفضل (لديراك) هذا في إعادة هندسة (نظرية ميكانيكا الكم) وإكمال صقلها ووضعها في إطارها المحسوس لعلماء وفيزيائيي العالم، كما ويعود له الفضل في إعداد العدة لاكتشاف وسبر غور الأقطاب المغناطيسية (الأحادية)، وتعميم المفهوم الرياضي للدوال وإطلاق إشارة البحث في الحقول الكميمية للديناميكا الكهربائية والتنبؤ بوجود المادة المضادة)).

أما المعادلة الثانية والتي تمثل كسابقتها علما منيرا من أعلام الفيزياء وإنجازا فذا من إنجازاته، فهي (المعادلة الموجية لشرودنجر) والتي تصف مشارف الحقيقة بلغة الدوال الموجية والاحتمالات الممكنة وتكتب رياضيا على الشكل التالي:

$$\left[-\frac{\hbar^2}{2m}\nabla^2 + V(\mathbf{r})\right]\psi(\mathbf{r},t) = i\hbar\frac{\partial\psi}{\partial t}(\mathbf{r},t)$$

لقد أعلى الفيزيائي (فريمن دايسن Freeman Dyson) شأن هذه المعادلة وأعاد لها (شيئاً) من أهميتها وبريقها وذلك حين وصفها في المقدمة التي أهداها إلى الكاتب (جون كورن ول Cornwell –) لتتصدر كتابه الموسوم (الطبيعة وتخيلاتها)؛ بأنها تجسد أحد أهم مراحل تمكن الإنسانية من إحكام قبضتها على الحقيقة، وقد جاء في تلك المقدمة ما يلي:

((لعل من سخرية القدر أن يتمكن الإنسان فجأة – وفي لحظة زمن مباركة – من تطوير فكرة وتفهمه لمجال كامل من العلوم الفيزيائية باكتشافه لمعادلة أساسية واحدة فقط،

وكأنها المفتاح السحري لباب علم غامض طال غلقه.

نعم لقد تمكنت معادلتا (شرودنجر عام 1926) و (ديراك عام 1927) من وضع اللمسة العجائبية الصحيحة وإضفاء النظام وإحكامه على مجال واسع من الفوضى والغموض الذي كان يلف دهاليز الفيزياء الذرية. لقد تم بفضل تينك المعادلتين اختزال أجيال من التعقيد المعجز الذي لف علمي الكيمياء والفيزياء إلى خطين رشيقين من الرموز الجبرية)).

أثنى (بول ديراك) على عبقرية (اينشتين) المتجسدة بنظريتيه الاستثنائيتين حول النسبية الخاصة و العامة، ومعادلاته الفذة حول المجال في الجاذبية، حين وصفهما بأعظم اكتشاف علمي في تاريخ البشرية، في حين نعتهما (ماكس بورن – Max Born) بأعظم ثمرة، وأجل نفحة أهداها الفكر الإنساني للطبيعة. واللتان تضمنتا روعة التناغم والتجانس بين الفكر الفلسفي الثاقب والحس الفيزيائي المرهف والمهارة الرياضية الفذة الخلاقة. (راجع المدخل الملخص في شرح النظرية النسبية العامة الذي ذكر تحت عنوان [قانون (الخاصية الشعرية لاوتفش) على صفحة (789) من هذا الكتاب].

حكومة نيكاراكوا والمعادلات الرياضية وطوابع البريد:

أقدمت حكومة نيكاراكوا في أوائل سبعينيات القرن الماضي (1970s) على القيام بمبادرة تستدعي الاحترام والإعجاب والتي لم يسبق أن أقدمت عليها أي حكومة قبلها (ولا أظنني على علم بأي مبادرة مثيلة بعدها!)، ألا وهي إصدار مجموعة من عشرة طوابع بريدية تحمل عنوان (المعادلات الرياضية العشرة التي غيرت وجه العالم)؛

(las 10 Formulas Matematicas Que Combiaron La Faz De La Terra) (The 10 Mathematical Formulas That Changed the Face of the World).

ألا ترى معي في ذلك التفاتة تستحق التقدير بأن يقوم بلد ما بإصدار مجموعة من الطوابع البريدية تخلد تبجيله للرياضيات بأن يُبرز إلى العالم عشر معادلات مجردة؟ هل أقدم أي قطر آخر على مثل هذا التبجيل؟ وما هو برأيك الغرض البعيد من ذلك؟

هناك ولاشك الكثير من الاحتمالات والآراء التي أثارتها تلك المبادرة، فقد أكبر معظم العلماء والعامة هذه الخطوة وأعجبوا بها أيما إعجاب، وأضافوها إلى إيجابيات إدراك الساسة لأهمية العلم. كما كانت هناك آراء مغايرة تماما قد ينعكس بعضها سلبياً كالرأي القائل بإغفال المعادلات المهمة فقط لعدم تناسب مساحة الطابع الصغيرة مع طولها! أما من جهتي كباحث محايد مهتم بالرياضيات وتاريخها فقد آليت على نفسي إلا أن أقوم باستبيان شخصي لتحديد (**المعادلات العشرة التي غيرت وجه العالم**) وذلك بإرسال استبياني عبر الشبكة الإلكترونية إلى بعض أعلام الرياضيات والعلوم والأساتذة الكبار، إضافة إلى المهتمين من المهن الأخرى وحتى إلى طلاب الجامعات والدراسات العليا.

ولقد استلمت ردا من خمسين من المهتمين كإجابة على تساؤلي، وتم إدراج المعادلات المختارة تسلسليا من الأهم حتى الأقل أهمية وتأثيرا وحسب الاختيار الشخصي للمشاركين بالاستبيان، فعلى سبيل المثال، لقد صوت الجميع على ضرورة إدراج ($E=mc^2$) في موقع الصدارة كأهم معادلة غيرت وجه العالم!

لعلك تشاركني بالرأي القائل برغبة الكثيرين بالامتياز في حقل الرياضيات والإبداع فيها،

أو علــى الأقل فهمها رغم اعترافهم بصعوبتها وإدراكهم لندرة الفرص المتاحة لهم لهضمها! وعليه وفي ضمن ذلك الإطار، إليك وبين يديك الآن وسيلة سهلة تحكم بها على نفسك، فيما لو إذا كنت مؤهلا لاحتلال موقعك ضمن نسبة الواحد بالمئة (1%) من مجمل سكان المعمورة الذيــن يستحقون (وعن جدارة) لقب العارفين بالرياضيات والذين يمكن تمييزهم عن التسعة والتسعــين بالمئة الباقين! ما هو عدد المعادلات الرياضية التــي بإمكانك التعرف عليها منها؟ فإذا تمكنت من التعرف على خمسة من العشرة المذكورة، فإنك ستكون جديرا بالمواصفات السابــق ذكرها!! أما إذا صادف وأن تمكنت من التعرف عليها كلها فإنك وبلاشك ستكون أهــلا لتسنم قمة الصدارة بذكاء لن يجاريه بشر! وعليك حينها الشروع بالبحث عن كوكب آخر (ككوكب العلوم) لتعيش عليه بذكائك الخارق[1]!

إليك فيما يلــي قائمتي التي حصلت عليها من استبياني الخاص حول المعادلات الرياضية العشرة سطرت حسب تسلسلها الأكثر أهمية وتأثيرا:

According to my survey, here are the ten most influential and important mathematical expressions, listed in order of importance:

1. $E = mc^2$
2. $a^2 + b^2 = c^2$
3. $\varepsilon_0 \oint F \cdot dA = \sum q$
4. $x = \left(-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}\right)/(2a)$
5. $\vec{F} = ma$
6. $1 + e^{i\pi} = 0$
7. $c = 2\pi r, \quad a = \pi r^2$
8. $F = Gm_1 m_2 / r^2$
9. $f(x) = \sum c_n e^{in\pi x/L}$
10. $e^{i\theta} = \cos\theta + i\sin\theta$, tied with $a^n + b^n \neq c^n$, $n > 2$

أمــا المعادلات الرياضية الأخرى والتي لم تنل حظوة التربع بين العشرة الأفاضل على عرش

(1) أصل النص:

(You are worthy of cavorting with the antediluvian Gods!)

القمة، وإنما نالت استحسان وإعجاب المصوتين لها فهي:

1. $f(x) = f(a) + f'(a)(x - a) + f''(a)(x - a)^2/2!\ldots$
2. $s = vt + at^2/2$
3. $V = IR$
4. $z \rightarrow z^2 + \mu$
5. $e = \lim_{n \rightarrow \infty}(1 + 1/n)^n$
6. $c^2 = a^2 + b^2 - 2ab\cos C$
7. $\int KdA = 2\pi \times x$
8. $\mathrm{d}/\mathrm{d}x \int_a^x f(t)\mathrm{d}t = f(x)$
9. $1/(2\pi i) \int f(z)/(z - a)dz = f(a)$
10. $dy/dx = \lim_{h \rightarrow 0}(f(x + h) - f(x))/h$
11. $\partial^2\psi/\partial x^2 = -[8\pi^2 m/h^2(E - V)]\psi$

هل تمكنت من التعرف على أي منها؟ سأشرح لك باختصار بعضا منها فيما بعد فلك مني التقدير على صبرك والاحترام لملكتك الرياضية التي أهلتك للوصول إلى المشارف النهائية لهذا الكتاب...

نيكاراكوا وقائمة الطوابع البريدية الفريدة التي أصدرتها:

فيما يلي القائمة المختارة للمعادلات الرياضية التي أهلتها لموقع الصدارة ضمن:

(Las 10 Formulas Matematicas Que Cambiaron La Faz La Terra)

ورجائي منك مقارنتها بقائمة (الفضليات العشرة) التي تمكنت أنا من الحصول عليها وإدراجها هنا بعد الاستفتاء الذي قمت به:

1. $1 + 1 = 2$
2. $F = Gm_1m_2/r^2$
3. $E = mc^2$
4. $e^{\ln N} = N$
5. $a^2 + b^2 = c^2$
6. $S = k \log W$
7. $V = V_e \ln m_0/m_1$
8. $\lambda = h/mv$
9. $\nabla^2 E = (Ku/c^2)(\partial^2 E/\partial t^2)$
10. $F_1x_1 = F_2x_2$

وإليك تفسير ما سبق...[1]

1 – معادلة الجمع الأساسية

2 – قانون نيوتن للجذب العام: إذا فصلت مسافة وقدرها (r) بين كتلتين (m1) و (m2)، فإن القوة التي تؤثر بها إحداها على الأخرى هي F1 باعتبار (G) ثابتا طبيعيا.

3 – معادلة اينشتين لتحويل الكتلة إلى طاقة.

4 – معادلة جون نابييه (Johu Napier) للوغارتم الطبيعي: يمكنك استخدام هذه المعادلة لإجراء عمليات الضرب والقسمة على الأعداد ببساطة تامة وذلك بإجراء عمليات الجمع والطرح على لوغارتماتها الطبيعية.

(1) (... سأنبئك بتأويل ما لم تستطع عليه صبراً) سورة الكهف الآية (78)(المترجم).

5 – نظرية فيثاغورس التي تحكم العلاقة التربيعية (أي المساحة) بين أضلاع المثلث القائم الزاوية الثلاثة.

6 – معادلة بولزمن (Bolzmann) لتصرف الغازات.

7 – معادلة (قسطنطين تسيولكو فسكي – Konstantin Tsiolkovsky) لإطلاق الصواريخ والتي تحكم سرعة صاروخ منطلق كلما أمعن في إحراق وقوده.

8 – المعادلة الموجية (لبروكلي – Broglie) والتي تحكم ربط كتلة جسيم – موجي بإزاحته وطوله الموجي مستخدمة (h – وهو ثابت بلانك)، لقد افترض [لوي دي بروكلي (Louis de Broglie (1892–1987)] بمعادلته هذه امتلاك الإلكترون صفات موجية، وضرورة حيازة الجسيمات المادية لأطوال موجية تصاحبها.

9 – معادلة تفسير تصرف الإشعاعات الكهرومغناطيسية التي اشتقت من معادلات (ماكسويل – Maxwell)، وتمثل الأساس الفعلي لكافة العمليات الرياضية والحسابات الإلكترونية التي تتضمن الموجات الكهرومغناطيسية وكافة تطبيقاتها بما في ذلك أجهزة الحاسوب والراديو والاتصالات والرادار والضوء المرئي والإشعاعات فوق البنفسجية وما دون الحمراء والإشعاعات الحرارية والراديوية وأشعة إكس.

10 – معادلة مستويات قوى عتلات ارخميدس.

أدرج فيما يلي تعليقي الشخصي وتوضيحاتي لبعض المعادلات التي احتلت موقع الصدارة في استفتائي الخاص آنف الذكر فمثلا:

مثلت المعادلة الثالثة: إحدى معادلات مكسويل للكهرومغناطيسية.

كما **مثلت المعادلة الرابعة:** الشكل العام لحل كافة المعادلات الآنية من فئة:

أ س 2 + ت س + ج = 0 $\boxed{ax^2 + bx + c = 0}$

ومثلت المعادلة الخامسة: القانون الثاني لنيوتن، والذي يحكم علاقة القوة بالكتلة وتعجيلها.

ومثلت المعادلة السابعة: علاقة مساحة أي دائرة بمحيطها.

ومثلت المعادلة التاسعة: متوالية فورييه (Fourier series) وتبين إمكانية تمثيل مختلف

الاضطرابات الموجية المعقدة بشكل حاصل جمع مجموعة من الموجات (جيبية الشكل).

وفي المرتبة العاشرة: ظهرت متطابقة (يولر – Euler) والتي تربط دوالا أسية مع أخرى من حقـل (المثلثات). في شطرها الأول، وظهرت النظرية الأخـيرة (لفرمات – Fermat) في شطرها الثاني.

(وهي نظرية من نظريات الأرقام تنص على أنه لا يمكن حل المعادلة التالية ($x^n + y^n = z^n$) ($n>2$) و ($x,y,z>0$).

أمـا من بين مجموعـة العشر معادلات اللائي نلن الإعجاب دون بلـوغ مركز الصدارة بين (الفضليـات الأول)... فتمثل معادلـة المرتبة السابعة: قانون (كاوسـ – بونيت – Gauss Bonnet) والتي يمثل الرمز (x) فيها خاصية يولر...، (هذا ومما تجدر الإشارة إليه هنا هو أهميـة تطبيقاتها في مجالات (التفاضل) الهندسـي والاهتمامات المتعلقة بانحناءات الأسطح والمستويـات). وأخيرا، وضمن هذه القائمة مثلت معادلة المرتبـة التاسعة: قانون (كوشي – Cauchy) العددي في مضمار التحليل المعقد.

أشـير هنـا – وبمزيد من التقديـر – إلى ثلة المشاركـين الذين اقترحوا تزكيـة (النظرية الأخيرة لفرمات) لموقـع تستحقـه فـي قائمـة المعادلات العشـرة الأكثر تأثيرا وأهميـة وكان تبريرهـم لذلك هـو جسامـة الجهد البحثي وعمق التفكير الرياضي الذي انصب في مجرى إثباتها، تنص هـذه النظرية التي وضعها [بيير دو فرمـات (1601–1665) Pierre de Fermat] علـى استحالـة وجـود أعداد كاملة كـ a، b، c، تطابق شرط المساواة التالية ؛

$$a^n + b^n = c^n \text{ for } n>2$$

ولقد تأخر اثبات صحة هذه النظرية حتى عام (1995) حين تمكن الرياضي البريطاني المولد – الامريكي الجنسية (اندرو ويلس – Andrew Wils) والمولود عام (1953)، من نشـر بحثه الشهير الذي أمكن بواسطته الاطمئنان أخيرا إلى صحـة إثباتها، وقد تـم نشـر ذلك البحـث فـي دوريـة (حوليات الرياضيات Annals of Mathematics).

وقد تعجـب عزيزي القارئ وتتساءل عن السر الدفين وراء اهتمـام أولئك العلماء الأفذاذ

بالأرقـام المجـردة وسعيهم الـدؤوب لإثبات أن ما لا يصـح هناك قد يصح هنـا أو تعجب لإهلاكهم الوقت وإفنائهم العمر لإثبات أو نفي صحـة علاقـة هذا الرقم بذاك...

وفي هذا المجال أسوق إليك محاولة العالم (يولر) آنف الذكر (Leonard Euler) والذي آمن باستحالـة وجـود الأرقام التي تصح لحل القانون الذي يربط العلاقة التالية:

$$a^4 + b^4 + c^4 = d^4$$

مرت مياه الخلجان إلى بحارهـا ودارت الأرض حول شمسها لقرنين كاملين حتى ظهر (ناووم الكيز – Noam Elkies)[1] من (جامعـة هارفـرد) والـذي اعتبر أول من تمكـن من الدخـول إلـى حصن تلك المتطابقة بتقديمه الحل الصحيح لها وهو: a =2،682،440 و b = 15،365.639 و c = 18،796،760 و d = 20،516،673 وبذلـك فنـد فرضية استحالة حلها!

(1) ولد في 25 آب (اغسطس) 1966 . وهو رياضي وأستاذ شطرنج أمريكي. ظهرت بوادر عبقريته الرياضية منذ ربيعه الرابع عشر حين حصل على الميدالية الذهبية والدرجة النهائية في (أولمبياد الرياضيات العالمي). ربح (منافسات الـ – (- Ptnam Competition وهو بعمر 16 سنة وأربعة أشهر ونال درجة الدكتوراه وهو بعمر 20 عاما. وبفضل إنجازاته في الرياضيات أصبح أصغر أستاذ في جامعة هارفرد. (المترجم).

الفيزياء وعلاقتها بالدين

- (من دواعي أسفي وحسرتي أن أعترف لكم بأنني لم أكره شيئاً في حياتي أشد من كرهي للرياضيات! إنني أمقتها أكثر من مقتي للموت نفسه!! إنها لا تفسح أي مجال للنقاش ولا تبدي أي مرونة للمساومة!! كل ما عليك فعله هو ارتكاب غلطة واحدة وينتهي كل شيء...)

مالكولم اكس
Malcolm X، Mascot
مقتطف من كتاب (التميمة).

- لقد بُينت حقيقة وعمق الإيمان الديني ووضوح العقيدة التي تحلى بها جل العلماء والفيزيائيين الذين مررنا بتفاصيل حياتهم خلال الفصول السابقة وفي أماكن عدة من هذا الكتاب. ولعله بالإمكان تفسير ذلك وإرجاع سببه إلى موازاة البحث الصادق والرغبة المخلصة في فهم وتفسير أسرار الكون مع الإرادة الروحية والإيمان الخالص في فهم وتفسير إرادة الله (عز وجل) والتقرب إليه، فلا خلاف بين أحد حول وجود العديد من نقاط ومساحات الالتقاء بين العقيدة الدينية والملكة الرياضية، فكلاهما ناضل ومنذ فجر الإنسانية لفهم وتوضيح العلاقات المتداخلة وحاول الإجابة على الأسئلة الأزلية والمفاهيم المتقاطعة والتي شغلت ذهن البشرية حول جوهر الإنسان وكنهه، والكون وموجده والنهاية وأين هي؟، واللانهاية وما هيتها! وكلاهما، بلاشك كان وما يزال يتسلح بالكثير من الرموز والطلاسم والطقوس والمناسبات، ولكل منهما لغته الخاصة التي لا تخلو من الرهبة والغموض.

ولعل أكثر ما يقارب بين الدين والرياضيات هو دأبهما المستمر على إذكاء ملكة التفكير في عقولنا وقدح قابلية الخيال في أذهاننا، فالرياضيون والفيزيائيون النظريون يماثلون رجال الدين في دأبهم المستمر لإدراك أفضل الصيغ وأوضح المفاهيم (للحقيقة) بمفهومها المثالي، كما يحاولون تفسير أعصاها على المناورات والشك ومحاولات النقض والتفنيد، ومحاولة تطبيق ذلك في حياتنا الواقعية كلما أدركوا لذلك سبيلا.

للتحليل الفلسفي والتنظير الفكري مساحة واسعة في مناقشة كلا المواضيع الدينية والرياضية، فهل يا ترى بإمكاننا القول بأن حاجة الإنسان إلى الدين لصفاء النفس وحاجته إلى الرياضيات لإرضاء الفكر كانا الدافعين الرائدين اللذين شحذا الذهن البشري لابتكار تينك الفكرتين؟

لقد دافع (ادوارد روثستين - Edward Rothstein) مؤلف كتاب (الإيمان والمنطق والعلاقة

الخالدة) عن عمق وصدق إيمان كل من (نيوتن) و (كبلر) إضافة إلى العديد من أعلام العلوم والرياضيات وأكـد بأنه كان المحرك الأساسـ والإلهام السرمدي لكافة إنجازاتهم المشهـودة، فأكد يقول: (لقد آمن أولئـك الأفذاذ ورسخ اعتقادهم بوجود النظام الذي يحكـم الأشياء ويتحكم بالموجودات، كما آمنوا بقابلية الذهـن البشـري علـى إدراكه وأيقنوا فوق ذلك على استحالة تمتع أي منهما بالسرمدية المطلقة واللانهائية المعجزة، فتوصلوا بذلك إلى صفاء الذهن والروح...).

أما اليوم فمن منا الذي لا يزال عاجزا عن إدراك نفحة الإيمان التي زينت ذلك الاعتقاد؟

وختاما لابد لي من الاستدراك قبل طي صفحة هذا الفصل وختم هذا السفر، من التأكيد على وجود العديـد والعديد من الاختلافات بين الدين والرياضيات والتي لاشك فيها، فبينما لا يشك أحد بوجود الاختلافات والتباين بين مختلف الديانات والمعقدات، تراك لا تجد أحدا ينكر الاتفاق والإجماع الذي يوسم الرياضيين والرياضيات.

مصادر إضافية وقراءات أخرى:

Berry, Michael. "Paul Dirac: the Purest Soul in Physics." *Physics World*, February 1, 1998; see physicsworld.com/ews/article/print/1705.

Crease, Robert P.. "The Greatest Equations Ever." *Physics World*, October 2004; see physicsweb.org/articles/world/17/10/2.

dePillis, John, *777 Mathematical Conversation Starters* (Washington, D.C.. The Mathematical Association of America, 2002).

Durrani, Matin, "Physics: Past, Present, Future." *Physics World*, December 1999; see physicsweb.org/articles/world/12/12/14.

Dyson, Freeman, "Introduction." in John Cornwell's *Nature's Imagination* (New York: Oxford University Press, 1995).

Elkies, Noam, "On $a^4 + b^4 + c^4 = d^4$," *Mathematics of Computation*, 51(184): 825-835, 1988.

Farmelo, Graham, *It Must Be Beautiful: Great Equations of Modern Science* (New York: Granata Books, 2003).

Galison, Peter, "The Suppressed Drawing: Paul Dirac's Hidden Geometry." *Representations*, 72: 145–166, 2000.

Guillen, Michael, *Five Equations That Changed the World* (New York: Hyperion, 1995).

Murray, Charles, *Human Accomplishment: The Pursuit of Excellence in the Arts and Sciences, 800 B.C. to 1950* (New York: Harper Perennial, 2004).

Pickover, Clifford, *The Loom of God* (New York: Plenum, 1997).

Pickover, Clifford, *A Passion for Mathematics* (Hackensack, N.J.: Wiley, 2005).

Pickover, Clifford, *Wonders of Numbers* (New York: Oxford, 2001).
Rothstein, Edward. "Reason and Faith, Eternally Bound." *New York Times*, B7, p. 7, December 20, 2003.
Simmons, John Galbraith, *The Scientific 100: A Ranking of the Most Influential Scientists, Past and Present* (New York: Citadel Press, 2000).
Weinberg, Steven "Sokal's Hoax." *New York Review of Books*, 43(13): 11–15, August 8, 1996.

أفكار فلسفية و آراء للمناقشة:

- بإمكاننا الجزم اليوم بأنه لا يوجد في ذهن بشر ولم يخط على صفحة كتاب (ولحد الآن) أي قانون يمكن اعتباره قانونا كونيا شامل التطبيق في كل زمان ومكان (اللهم ما يمكن استثناؤه من قوانين المبادئ العامة لميكانيكا الكم). ولكن لنا أن نستدرك ونقول بأن أغلب القوانين التي طورها العلم وإلى اليوم قد بلغت مرحلة تقرب من الكمال بشكلها النهائي وبأنها جميعا صحيحة الاستعمال حقيقية النتائج ضمن شروط كل منها وظروف تطبيقاته الخاصة به.

واينبرك
Steven Weinberg، (Sokal's Hoax)، The New York Review of Books، August 8، 1996.
مقتطف من كتاب (خدع سوكال)[1]

- يحكم نظام تشغيل الحاسوب انسياب المعطيات والمعلومات خلاله... تماما كما تحكم قوانين الكون وجهة الفيزياء ومعمارها وتصرفها، ولكني على يقين بأن للزمن القدرة على إنضاج وتطوير العديد من أسس المعمار وأنظمة التشغيل الأخرى.

سيمولن
Lee Smolin، (Never Say Always)، New Scientist، September 23، 2006
مقتطف من كتابه (لا تقل دائماً أبداً)

- تماثل محاولاتنا لتفسير القوانين الفيزيائية دون الرجوع إلى المفهوم الهندسي الفراغي، دأبنا على محاولاتنا لإيصال أفكارنا دون الاستعانة بالكلمات.

اينشتين
Albert Einstein، 1922 Kyoto Lecture.
مقتطف من محاضرة له في عام 1922.

(1) راجع الحاشية أسفل صفحة (8).(المترجم).

مصادر الكتاب ومراجعه

تفترض كافة العلوم أن هناك نظاما جميلا أخاذا بسيطا، هو الذي يُشكل القاسم المشترك العريض، والمحرك الفعال الدقيـق الـذي يحكم معظم، إن لم نقل كافة أوجه التنوع والتغاير والاختـلاف الذي يلف حياتنا ووجودنا بل وحتى كوكبنا وكوننا الفسـيح المترامي. وكبرهان على ذلك خذ أنواع - الحركة - وتشـعباتها وأساليبها ووسائلها التي لا تنتهي سواء كانت حركة خلية مفردة في نسيج حي داخل عضلة أو كان نيزكا جبارا سقط على هامة رجل منذ أجيال فقتلـه!، تجدهـا جميعا محكومة بعدد قليل جدا من قوانـين الحركة، أثبت العلم كفاءتها المتناهية في تفسـيرها جميعا. تلك هي (قوانين الحركة لنيوتن). وخذ كمثال آخر المدى الواسع من تصرفات مختلف الأجسام والمواد والأشياء عند تعرضـها للحرارة؛ تجد أن جميع التغيرات التي تطرأ عليها مفسرة بعدد قليل من القوانين عززت التجارب صمودها في توقع مآلها جميعا، تلك هي (قوانين الديناميكا الحرارية).

نولا
Robert Nola، (Laws of Nature)
مقتطف من كتابه (قوانين الطبيعة).

لقـد جمعت فيما يلـي قائمة من المصادر التـي استخدمتها في التعريـف والاستقصاء خلال رحلتي في تحقيـق هذا الكتاب، كما أضفـت مصادر أخرى ضمن متنه وبعد كل فصـل فيه، وأضفت كذلك مواقع محددة على الشبكة العنكبوتية العالمية لمواضيع وكتب وصحف ودوريات حيثما اقتضت الحاجة لذلك. ولا يغيب عن ذهني ولا عن ذهن القارئ الفطن بأن للكثير من المواقع الإلكترونية صفة الظهور والاختفاء فضلا عن تغير بعض مفرداتها وعناوينها ولذلك وجب التنويه على أنها قد زودت هذا الكتاب ومؤلفـه، بزاد ثر من المعلومـات والإيضاحات وقت كتابته، كما لا يغيب عن ذهني قابليتك – عزيزي القارئ – ولا قابلية بقية القراء على إيجاد – بل واستحداث – العديد من تلك المواقع التي ستزيدك من تفاصيل أي قانون ذكر متى ما شئت الاستزادة. وهنا استميحك عذرا عن أي سهو كان قد حدث رغما عنـي في إغفال أو عدم ذكـر أي مبدأ أو قانون تعتقد بأهميته، أو بأني قـد أغفلت توضيحه أو مناقشته بالدرجة المبتغاة، وأتمنى عليك أن تخبرني بذلك، فبإمكانك زيارة موقعي على الشبكة العنكبوتية العالمية وهو: www.pickover.com، أو أن ترسل لي رسالة إلكترونية، تُطلعني فيها على أي قانون تعتقد بأهميته وضرورة توضيحه بالنظر لتأثيره وإسهاماته في حياتنا اليوم أو لأهميته في تاريخ العلوم...

References

Arons, Arnold, *Development of Concepts of Physics* (Reading, Mass.: Addison-Wesley, 1965).

Atiyah, Michael, "Pulling the Strings," *Nature*, 438: 1081-1082, December 22, 2005.

Bothamley, Jennifer, *Dictionary of Theories* (Washington, D.C.: Gale Research International Ltd., 1993).

Bryson, Bill, *A Short History of Nearly Everything* (New York: Random House, 2003).

Bueche, Frederick, *Introduction to Physics for Scientists and Engineers* (New York: McGraw Hill, 1975).

Carroll, John W., "Laws of Nature," in *Stanford Encyclopedia of Philosophy*, see plato.stanford.edu/entries/laws-of-nature/.

Casti, John, *Paradigms Lost* (New York: William Morrow, 1989).

Considine, Douglas, managing editor, *Van Nostrand's Scientific Encyclopedia*, 7th edition (New York: Van Nostrand Reinhold, 1989).

Cropper, William, *Great Physicists* (New York: Oxford University Press, 2001)

Durbin, Paul, *Dictionary of Concepts in the Philosophy of Science* (New York: Greenwood Press, 1988).

Encyclopædia Britannica, www.britannica.com/.

Farmelo, Graham, *It Must Be Beautiful: Great Equations of Modern Science* (New York: Granta Books, 2002).

Feynman, Richard, *The Character of Physical Law* (New York, Modern Library, 1994).

Francis, Erik Max, "The Laws List"; see www.alcyone.com/max/physics/laws/.

Frayn, Michael, *The Human Touch* (New York: Metropolitan Books, 2006).

Gardner, Martin, *Order and Surprise* (Amherst, N.Y.: Prometheus, 1983), chapter 4

Gillispie, Charles C., editor-in-chief, *Dictionary of Scientific Biography* (New York: Charles Scribner's Sons, 1970).

Grun, Bernard, *The Timetables of History* (New York: Touchstone, 1975).

Guillen, Michael, *Five Equations That Changed the World* (New York: Hyperion, 1995).

Hall, Carl W., *Laws and Models* (Boca Raton, Fla.: CRC Press, 1999).

Halliday, David, and Robert Resnick, *Physics* (New York: John Wiley & Sons, 1966).

Hart, Michael, *The 100: A Ranking of the Most Influential Persons in History* (New York: Hart Publishing Company 1978)

Hawking, Stephen, *Black Holes and Baby Universes* (New York: Bantam, 1993).

Kaku, Michio, "Parallel Universes, the Matrix, and Superintelligence," KurzweilAI.net, June 26, 2003; see www.kurzweilai.net/meme/frame.html?main=/articles/art0585.html.

Krauss, Lawrence, *Fear of Physics* (New York: Basic Books, 1993).

Krebs, Robert, *Scientific Laws, Principles, and Theories* (Westport, Conn.: Greenwood Press, 2001).

Merton, Robert K., *The Sociology of Science* (Chicago: University of Chicago Press, 1973).

Nave, Carl R. (Rod), "HyperPhysics," Department of Physics and Astronomy, Georgia State University; see hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/HBASE/hframe.html.

O'Connor, John J., and Edmund F. Robertson, *The MacTutor History of Mathematics Archives*, School of Mathematics and Statistics, University of St. Andrews, Scotland: see www-history.mcs.st-andrews.ac.uk/.

Parker, Sylvia, editor-in chief, *McGraw-Hill Encyclopedia of Science and Technology*, 8th edition (New York: McGraw-Hill, 1997).

Penrose, Roger, *The Road to Reality* (New York: Knopf, 2005).

Peterson, Ivars, "MathTrek Archives"; see www.sciencenews.org/pages/sn_weekly/math_arc.asp.

Pickover, Clifford, *A Passion for Mathematics* (New York: Wiley, 2005)

Smolin, Lee, "Never Say Always," *New Scientist*, 191(2570): 30–35, September 23, 2006.

Tipler, Paul, *Physics* (New York: Worth Publishers, 1976).

Trefil, James, *The Nature of Science* (New York: Houghton Mifflin Company, 2003).

Weisstein, Eric, "Eric Weisstein's World of Physics"; see scienceworld.wolfram.com/physics.

Weisstein, Eric, "Eric Weisstein's World of Science"; see scienceworld.wolfram.com/search/.

Wikipedia: The Free Encyclopedia; see en.wikipedia.org/.

Wikipedia, "List of Laws in Science"; see en.wikipedia.org/wiki/List_of_laws_in_science.

Wikipedia, "Scientific Laws Named after People"; see en.wikipedia.org/wiki/Scientific_laws_named_after_people.

Wilson, Jerry, "Scientific Laws, Hypotheses, and Theories"; see wilstar.com/theories.htm.

هنا وهناك، في هذا البلد أو ذاك. من منا لم تجذب نظره النصب العظيمة والملاحم الخالدة، التي تصور العديد من عتيد جنرالات الحرب ممتطين صهوات جيادهم الوثابة، عابرين بجنودهم إلى ذرى النصر المؤزر؟! أو لم يلاحظ أحد تلك التماثيل التي تُشخص (الملهمين) من الرؤساء والملوك والأباطرة محيين شعوبهم المقهورة موحين إليهم بوجود تيجان الغار والذهب وهي تزين رؤوسهم رغم بطونهم الجائعة الخاوية؟!

تملأ هذه المشاهد العالم حيثما ذهبت!!... ولكنك قلما تهتدي إلى شاهدة صخرية قد حُفر عليها نعي عالم أو أديب، ونادرا ما تصادف قطعة رخام نُسيَ بجانبها إكليل ورد يُخلد مصلح أو يمجد مخترع أو حتى لتدلك على مثواه الأخير... ولكنني أحلم وليتك تحلم معي وتصلي حتى تؤول مثل هذه الأحوال إلى زوال...

أحاول أن أصدق أن التاريخ سيشهد (وبعد آلاف من السنين) تغيرا بيننا في هذه الحال بحيث ينعم أطفال وشباب المستقبل البعيد بعقول نيرة وشجاعة كافية ليُثمنوا ما قام به أولئك النساء والرجال الذين ملأت التضحية حياتهم وعطر الإيثار أنفسهم وجندوا أوقاتهم وخاضوا غمار المغامرة والمجهول من أجل إحياء فكرة أو تجسيد اختراع أو إثبات نظرية أو تصحيح قانون...، ويدركوا بأن أفرادا من أولئك الأجداد كانوا وحدهم - بدمهم وعرقهم وبوحي عقولهم، هم من هدى عالم المستقبل (عالمهم) إلى ما يرفل به من بحبوحة وخير عميم وإنجازات علمية وأخلاقية ونعيم.

هذا فقط إن تحقق حلمي وأجيبت صلواتك.

لوون

Hendrik Williem van Loon، (The Story of Mankind)

مقتطف من كتابه (قصة البشرية).

تعريف بالمؤلف:

مؤلف هذا الكتاب هو الدكتور (كلفورد أ. بكفر Clifford A. Pickover) الحائز على شهادة الدكتوراه (Ph.D.) من قسم الفيزياء الحيوية الجزيئية والكيمياء الحيوية في جامعة ييل (Yale Univ.) الأمريكية. تخرج الأول على دفعته من كلية (فرانكلن ومارشل - Franklin and Marshall College) بعد إكماله لمتطلبات الدراسة الأولية الأربع بثلاث فقط. تُرجمت كتبه العديدة إلى اللغات؛ الإيطالية والفرنسية واليونانية والألمانية واليابانية والصينية والكورية إضافة إلى اللغات البرتغالية والإسبانية والتركية والصربية والرومانية والبولندية - والآن بحمد الله ومنته إلى العربية.

يعد الدكتور (بكوفر)، وعن جدارة، واحدا من أغزر المؤلفين إنتاجا ومن أكثرهم حرصا على اختيار المواضيع الجذابة والممتعة والمتنوعة لكتبه التي شملت طيفا واسعا من خضم المعرفة والعلوم، فهو قد قام بتأليف العديد من الكتب التي اشتهرت وذاع صيتها عالميا، وفيما يلي أقدم إليك قائمة ملخصة بعناوينها المترجمة مشفوعة بالعناوين الأصلية وسنين النشر وناشيرها.

فايروس السماوات عام (2007) ومرشد المبتدئين إلى الخلود عام (2007) و شريط (موبس) عام (2006) والجنس والمخدرات واينشتين والمغني الفس برسلي عام (2005) والرياضيات والشغف بها عام (2004) والبيزا والهندسة التحليلية عام (2003) والله والعلم الشمولي عام (2002) ونجوم السماء عام (2001) وزين[1] والمربع السحري والدوائر والنجوم عام (2001) والحلم بالمستقبل عام (2000)) والفتاة التي أنجبت أرانبا عام 2001) وعجائب الأرقام عام (2000) والسباحة فيما وراء الفضاء عام (1999) و علم المخلوقات الفضائية عام (1998) ومرشد المسافرين عبر الزمن عام (1998) والعبقرية والعقول الغريبة: أسرار حياة العلماء غريبي الأطوار والمجانين عام (1998) واختبار الذكاء (IQ) للمخلوقات الفضائية عام (1997) ومفاتيح السرمدية عام (1995).

وتأصيلا للفائدة ولمحبي الاطلاع ارتأيتُ إدراج كتب (الدكتور بكوفر) وأسماء ناشريها بلغته الأصلية لتسهيل مهمة الحصول عليها...

(1) Zen - (مدرسة دينية بوذية - المترجم)



Pickover is author of the popular books The Heaven Virus (Lulu, 2007), A Beginner's Guide to Immortality (Thunder's Mouth Press, 2007), The Möbius Strip (Thunder's Mouth Press, 2006), Sex, Drugs, Einstein, and Elves (Smart Publications, 2005), A Passion for Mathematics (Wiley, 2004), Calculus and Pizza (Wiley, 2003), The Paradox of God and the Science of Omniscience (Palgrave/St. Martin's Press, 2002), The Stars of Heaven (Oxford University Press, 2001), The Zen of Magic Squares, Circles, and Stars (Princeton University Press, 2001), Dreaming the Future (Prometheus, 2001), Wonders of Numbers (Oxford University Press, 2000), The Girl Who Gave Birth to Rabbits (Prometheus, 2000), Surfing Through Hyperspace (Oxford University Press, 1999), The Science of Aliens (Basic Books, 1998), Time: A Traveler's Guide (Oxford University Press, 1998), Strange Brains and Genius: The Secret Lives of Eccentric Scientists and Madmen (Plenum, 1998), The Alien IQ Test (Basic Books, 1997), The Loom of God (Plenum, 1997), Black Holes: A Traveler's Guide (Wiley, 1996), and Keys to Infinity (Wiley, 1995).

ألــف (بكوفر) كذلك كتبا أخــرى بعناوين ومواضيــع متشعبة ضمت أفــكارا شيقة مثل الفوضى في أرض العجائب: مغامرات بصرية في العوالم التجازئية[1] عام (1994) ومتاهات وأحــاج ذهنية: ما لا تتوقعه مــن الحواسيب عام (1992) والحواسيب والخيال عام (1991) والحواسيب والنظام والفوضى والجمال عام (1990).

واليك عناوينها وأسماء ناشريها بالإنكليزية.

Chaos in Wonderland: Visual Adventures in a Fractal World (1994), Mazes for the Mind: Computers and the Unexpected (1992), Computers and the Imagination (1991), and Computers, Pattern, Chaos, and Beauty (1990), all published by St. Martin's Press

كتب مؤلفنا إضافة لما سبق ما ينيف على (200) مقالة منشورة في ميادين العلوم والفنون والرياضيات: كما ساهم مع (بيرز انتوني – Piers Anthony) في تأليف كتاب أرجل العنكبوت عام (1998).

يشغــل (بكوفر) اليوم منصب نائب رئيس تحرير المجلــة العلمية المعروفة باسم (الحواسيب وفنــون التصميم التشكيليــة – Compters Graphics) كمــا يشغــــل منصــب عضــو في هيئــة تحرير الدوريات المرموقــة التالية (الاوديســة – Odyssey) و (ليوناردو – Leonardo) (و ي. ل. ي. م (Y.L.E.M...).

كمــا قام بتحريــر العديد من الكتب هي: الفوضى والمجسمــات المتماثلة: جولة في قابلية الحواسيــب التشكيلية عام (1998) وكتاب المرشد في الفنون والطبيعة والمجسمات المتماثلة عــام (1995) وآراء مستقبليــة في الفــن والتكنولوجيــا والحواسيــب في القــرن القادم عام (1993) وصحتــك في المستقبل عــام (1995) وآفاق المجسمــات المتشابهة عام (1996) وتصور المعلومات الحياتية عام (1995) وإليك عناوينها ودور نشرها بالإنكليزية:

Editor of the books Chaos and Fractals: A Computer Graphical Journey (Elsevier, 1998), The Pattern Book: Fractals, Art, and Nature (World Scientific, 1995), Visions of the Future: Art, Technology, and Computing in the Next Century (St. Martin's Press, 1993), Future Health (St. Martin's Press, 1995), Fractal Horizons (St. Martin's

(1) Fractal أو Fractus – وتعني قابلية أي جزء مهما صغر من مادة أو نظام على احتواء وعكس كافة الصفات والخصوصيات لتلك المادة أو ذاك النظام. (المترجم).

Press, 1996), and Visualizing Biological Information (World Scientific, 1995),

وساهــم، مع آخرين بتحرير كتب أخرى هي (المتماثلـة الحلزونية عام 1992 و (مشارف المنظور العلمي عام 1994). وعناوينها وناشيريها كما يلي:

coeditor of the books Spiral Symmetry (World Scientific, 1992) and Frontiers in Scientific Visualization (Wiley, 1994),

امتاز بكوفر بالموسوعية، وجل ما جذب ويجذب انتباهه واهتمامه هو استمرارية الإبداع وذلك بالبحث عـن المشترك ما بين خفايا ونكت وطرائف الفنون والعلوم والرياضيات وما بينها وبين ما يشاركها من مجالات أخرى من الإبداع والنشاط البشري والتي قد تبدو وكأنها لا تمت إحداها للأخرى ولا لأمهات العلوم بصلة.

أشارت مجلـة (النيويورك تايمـز The New York Times) إليـــه قائلـــــة: [مــازال (بكوفر) يقتحـــــم ويفســـر لنـــا عــوالم تفــوق الحقيقة التي نعيّها]، وكتبت (اللوس انجلز تايمـز - The los Angeles Times)-[بان (بكوفر) قد تمكن من نشر كتاب واحد على الأقـل في السنة وهذه طاقـة خلق وإبداع بشرية تحرج وبلاشك ليـس فقط حدود وقابليات الحواسيـب، وإنما كذلك تشحـذ وتحرج خيال الفن وآفاق الفكـر والمفكرين!]. لقد حصل باكوفـر على الجائزة الأولى في مسابقة (جمال وفتنة الفيزياء) التي أقامها معهد الفيزياء، كما نشـرت له العديد من الصـور والتشكيلات والمخططـات ورسوم الكارتـون والكاريكاتير كصفحات غلاف للعديد من المجلات واسعة الانتشار، هذا بالإضافة إلى الجهد الكبير والسعي الحثيـث للفوز بمقابلاته وتصريحاته من قبل العديد من الصحف ووسائل الإعلام بما في ذلك - النشرة العلمية الأسبوعية التي تذيعهـا تلفزيونيا شبكـة (CNN)الأمريكية الشهيرة بعنوان (العلـوم والتكنولوجيا أسبوعيا) وقناة (دسكفـري -Discovery) التابعة لمجلة (ناشونال جيوكرافيك - National Geographic) ذائعة الصيت ومجـــلات مرموقة أخـرى مثـل (النيويـورك تايمز - The New York Times) و (سينس نيـــوز - Science News) و(الواشنطـن بوسـت- The Woshington Post) و (ويـــــرد - Wired) ومجلـة (كرسشن سايـنس مونتـر - The Christion Science Monitor) كما يطلبه ويسعى

للقائه العديد من أمناء المتاحف، ويُدعى إلى العديد من المعارض والمنتديات والمؤتمرات في مختلف الحقول والاختصاصات. وصفته مجلة (اومني – Omni) بأنه الموازي والمقابل في قرننا العشرين للعبقري المشهور (فان ليفنهوك -Van Leeuwenhoek)[1] كما نشرت مجلة (سينتفك أمريكان – Scientific American) العديد من أعماله وتشكيلاته الإلكترونية ووصفتها بأنها تمتاز بالجمال والغرابة وتعكس الحقيقة بإعجاب، وكتبت مجلة (ويرد – Wired) بحقه ما يلي: كان تفكير (بكي فلر – Bucky Fuller)[2] ثاقبا وتفكير (ارثرك. كلارك – Arther C. Clark)[3] خارقا. أما تفكير (كلف بكوفر – Cliff Pickover) فقد فاق الاثنين معا!!.

حصل على ما ينيف عن (40) براءة اختراع أمريكية اختص أغلبها بتطوير وتحسين مظاهر الحواسيب واستخداماتها. كتب لعدة سنوات عموده الشهير (الذهن المتوقد) لمجلة (دسكفر – Discover) ويكتب في الوقت الحاضر – وباستمرار – عموده المرغوب جدا من قبل القراء بعنوان (شحذ الدماغ) في مجلة (الاوديسه –Odyssey). نالت مفكراته وتقاويمه ومجاميع كروت لعبه والتي حملت بمجموعها عنوان (أحاجٍ وألغاز بصرية عصية على الإدراك) إعجاب كل من اطلع عليها واعتبرت من بين أشهر إبداعاته.

يمارس بكوفر هوايات رياضية وعلمية من بينها (رياضة الـ تاي – جي شوان

(1) Autonie Philips Van Leeuwenhoek - تاجر وعالم موسوعي هولندي ولد في عام 1632م.(عرف بأبي علم الميكروبات. برع في حقل العدسات وصناعة الميكروسكوبات وكان أول من فحص أجزاء الحيوان والنبات تحت المجهر وأول من راقب الحيوانات المنوية البشرية وخلايا الدم بواسطته ولكنه لم يكتب كتابا قط في حياته!(المترجم).

(2) Buckminster Fuller – معماري وكاتب ومصمم ومستقبلي (ذو أفكار مستقبلية) ومخترع أمريكي ولد في ماساجوستس عام 1895وتوفي عن عمر ناهز الـ 87 عاما، نذر نفسه للإجابة على سؤاله المحدد: هل سيتمكن الإنسان من الاستمرار بالعيش على ظهر كوكب الأرض؟! لم يتحصل على درجة أكاديمية ولكنه ألف أكثر من 30 كتابا وعرف عالميا.(المترجم).

(3) Sir Arthur C. Clark – كاتب خيالي علمي ومخترع ومستقبلي بريطاني ولد عام (1917). كتب روايته الشهيرة الأوديسا (Odyssey) وهي ملحمة فضائية في عام (2001). وعاش حتى بلغ الحادية والتسعين من عمره. نال لقب فارس وخدم كفني رادار في السلاح الملكي البريطاني وكان أول من جاء بفكرة الملاحة الفضائية العالمية عام (1945). نال عليها جائزة ذهبية وترأس جمعية الكواكب البريطانية وهاجر وتوفي في سريلانكا.(المترجم).

Tai–Chi Chuan –[1] و(شاولن كنك فو Shaolin Kung Fu)[2].

و(الجانك شيه – Chang Shih)[3] إضافــة إلــى العزف على البيانو.

يؤكد (د. بكوفر) إن من أسعد أوقاته هي تلك التي يقضيها أمام حوض أسماكــه المملــوءة بحــوالي (110) غالــون من المــاء والمملوء بنوع السمــك الغريب المسمى بــ (ليما شوفلنوز كاتفش – Lima Shovelnose Catfish) والذي يعتبر كائنا غريبا بحق أشبه ما يكون بسمك القرش ولكن بعينين صغيرتين بعيدتين عن مستوى الرأس كعيون المخلوقات الفضائية وينصح قراءه دائما بالاحتفاظ بمثل تلك (الأسماك) الغريبة لإثــارة روح المغامرة والغموض في حياتهــم!! ويدعي بأن في النظر إلى عيون تلك المخلوقات (الشيطانية) إمكانية الانسياق بأحلام تمازج فيك خبرة الحياة بالموت وتغوص بك في بحور من الخيال والإعجاز!! فتحس بروعة الفكر وبنعم الفردوس!!

بإمكانك زيــارة الصفحــة الإلكترونية الخاصــة (بالدكتور بكوفر) على الشبكة العنكبوتية العالمية وعلى عنوانه التالي: www.pickover.com

والتي قد بلغ عدد زوارهــا ولساعــة طباعــة هذا الكتاب عام 2009 ما ينيف على المليون زائر، كما بإمكانك الكتابة إليه عبر بريده الإلكتروني على الصفحة المذكورة أو إرسال رسالة بريديــة إلى عنوانه التالي باسمه: ص ب 549 ملــوود، (P.O.Box 549. Millwood، NY 10546–0549، USA.) – نيويورك.

(1) Tai - Chi Chuan – فــن قتــالي صيني يمارس لغايات صحية ودفاعية يتضمن تقنيــات صعبة وأخرى سهلة ولد تدريبات خاصة وشاع في الغرب. (المترجم).

(2) Shaolin Kung Fu – فــن قتــالي صيني بمواصفــات خاصة وبفروع تعــود بجذورها وتعاليمها إلى بعض الأسر الصينية القديمة العريقة وفلسفاتها. (المترجم).

(3) Chang Shih – وقد تكتب (Zhang Shijie) وهو فن قتالي ينسب إلى الأدمرال الذي اشتهر وقاتل خلال الغزو المغولي للصين. وعرف باسمه. (المترجم).



الكتاب عبارة عن سفر غني ثرّ مثل جولات مستفيضة ومختصرة ومناقشات مفهومة وأخر غامضة، وسجالات ناجحة وغيرها فاشلة.. ما بين مبدعين أقل ما وصفوا به هو الألمعية والعبقرية.

سيقاد ذهنك ويؤخذ لبك في رحلة شيقة معطاء ليس أقلها التعرف على (معنى الحقيقة حقاً!)، و(متى سيكتشف القانون الأخير في الكون؟)، وكيف تتذوق (إثبات جمال الرياضيات ورشاقتها)، و(إدراك فضلها على سائر العلوم)، فضلاً عن معرفة (الأماكن التي عاش فيها مكتشفو القوانين ومبدعوها) ومعايشة (صبرهم ومعاناتهم) ومن ثم اكتشاف سر (أشهر عشر معادلات رياضية حملتها طوابع نيكاراجوا البريدية)!.

كما ستتعرف على مبدأ الشك (لهيزنبرك)، والمعادلات الموجية (لشرودنجر)، ومعادلات المجال (لأينشتين) ونظريته في النسبية، وما يراه (هاوكنج) بصدد هندسة ومصير الكون وتوصيفه لثقوبه السوداء، و(دلو) لتطورها البيولوجي، وعشرات غيرها.

